

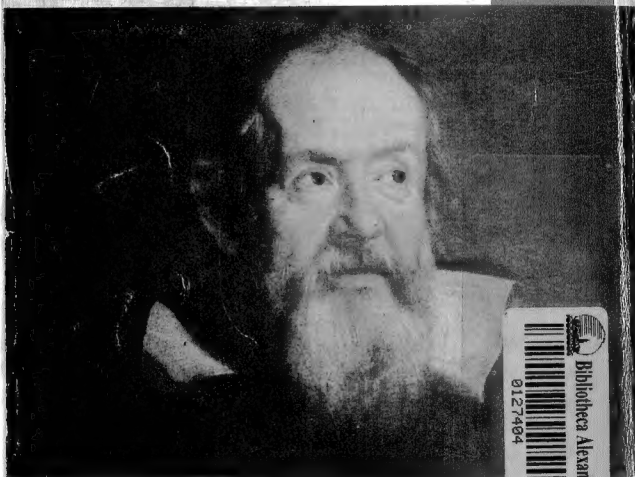
جيمس نيومان
ميتشيل ويلسون

رجال عاشوا للعلم

الألف
كتاب



الهيئة المصرية
العامة للكتاب



ترجمة: أحمد شكرى سالم
مراجعة: محمد مرسى أحمد

الأعمال
المختارة

James Neuman

Michel Wilson

Lives in Science

جيمس نيومان
ميتشيل ويلسون
وآخرون

رجال عاشوا للعلم

ترجمة
أحمد شكرى سالم

مراجعة
محمد مرسى أحمد



المكتبة العامة للعلم

١٩٩٩

مشروع الألف كتاب الثاني نافذة على الثقافة العالمية

د. سمير سرحان المشرف العام

أحمد صليحة	رئيس التحرير
عزت عبد العزيز	مدير التحرير
محملة عطية	المشرف الفني

سكرتارية التحرير والشئون الفنية

هالة محمد

هند فاروق

هند أنور

إعداد الفهارس والكشافات

أسال زكي

التصحيح

محمد حسن

بدر شوقي

الفهرس

الموضوع الصفحة

مقدمة ٧

القسم الأول

نظام العالم العظيم

جاليليو ١٧
اسحاق نيوتن ٣٩
روبرت هوك ٤٩
لابلاس ٦٥

القسم الثاني

النظام الجديد للعالم

وليام رومان جابلتون ٨٣
ج . ف . فيتزرجيرالد ٩٩

القسم الثالث

ما النار ؟

بريستلي ١١١
لافرازييه ١٢٢

القسم الرابع

المغناطيسية والكهرباء

بنيامين فرانكلين ١٣٧
ميخائيل فاراداي ١٥٧

الموضوع	الصفحة
جوزيف منرى	١٧٣
جيمس كلارك ماكسويل	١٨٩

القسم الخامس

دراسة الحياة

ويليام هارف	٢٢٥
تشارلز داروين	٢٢٨
بافلوف	٢٦٤

القسم السادس

ثلاثة من الرياضيين

تشارلز بابيج	٢٧٩
لويس كادول	٢٩١
سرينيفاسا رامانوجان	٣٠٩
تعريف المؤلفين	٣٢٣

مقدمة

يتناول هذا الكتاب حياة ثمانية عشر رجلا سيقابل القارئ من بينهم مارتين آصيلين أو ثلاثة ، بطلا أو بطلين ، قديسا وماكرا ، رجلا يختلطون بالناس وآخرين يميلون الى العزلة القاسية ، وسيقابل ، أخيرا ، مجموعة من الحكماء وغريبى الأطوار . وما جمع كل هؤلاء فى باقة واحدة ، الا أن كلا منهم صرف حياته فى العلم . وهم فى الواقع مازالوا أحياء بيننا يملأون الدنيا من حولنا حياة وضجيجا . ان وجودهم يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيط بنا ، وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذى نحيا فيه وموضعنا منه . ومازال هؤلاء الناس يعبرون العالم بقدر ما غيروا ظروف الانسان وآراءه خلال القرون الأربعة التى استغرقتها حياتهم .

ومن المقطوع به أن الكتاب قد عرض عينات من حياة العلماء الذين دخلوا تاريخ العلم فى تلك الفترة . وكان الانتقام عارضا لحد ما . والواقع أن فصول هذا الكتاب كتبت فى الأصل لتكون مقالات فى الأعداد الشهرية من مجلة « الأمريكى العالم » ، ولكنها جمعت فى هذا الكتاب فتداخلت وتكاملت وصارت تغطى عددا من التطورات الجوهرية فى العلم .

ومما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مهمل من جوانب التاريخ - ولا شك أن التفسير يكمن في تلك الجدران الأكاديمية القاسية التي تفصل بين الإنسان العادي والعلوم - وليس شمة داع لمناقشة أثر العلم على الحياة اليومية ، فهذا أمر واضح ، ولا يقل عنه وضوحا أن معرفة تاريخ العلوم تلقى ضوءا هاما على شئون الماضي المتعلقة بالسياسة والاقتصاد والثقافة والحرب - ويمكس هذا الكتاب فائدة أخرى لدراسة تاريخ العلم ، هي لقاء الضوء على فهمنا للمعلم ذاته .

ويدلنا هذا الأسلوب التاريخي في الدراسة ، بادئ ذي بدء ، أن العلم انما هو جماع المعارف التي تراكمت من هنا ومن هناك - ان الملاحظة ، وتجميع المواد ، وعملية البحث عن الحقيقة - تلك العملية التي توصف بأنها علمية - تبدو في الواقع جزءا من فكرة أكبر تعتمل في ذهن العالم - انه يود أن يحيل معارفه الى معان واضحة مفهومة ، وهو يسأل نفسه السؤال تلو السؤال هادفا لوضع صورة لخبراته تتميز بالترابط والتماسك المنطقي . ولا تؤدي هذه الأسئلة فحسب الى معارف جديدة ، ولكنها تؤدي كذلك الى بروز أسئلة جديدة تزيد من آفاق الخبرة الإنسانية .

وتختلف هذه الصورة اختلافا كبيرا عن الصورة الشائعة التي تصور العالم كحفار ينقب عن الحقائق الجافة

فى منجم اليقين • انها تصور العالم أقرب ما يكون الى الفنان ، وبكلمات جورج برنارد شو : « ••• ان عمل الفنان أن يكشف لنا عن حقيقة أنفسنا • وما عقولنا الا معارفنا هذه عن أنفسنا ، وكل من يضيف الى هذه المعارف انما يخلق عقلا جديدا بقدر ما تخلق المرأة جيلا جديدا من الرجال » •

والحقيقة ، ان كل اضافة الى ذهن الانسان ، فى ميدان العلم ، لا بد وأن تأتي كاتساع فى حدود المعرفة ، لا كومة فى الظلام خارج هذه الحدود • وكل مارء من مرءة العلم يرتفع دائما على اكتاف مارء آخر سبقه • ويذكر لنا الفصل الأول قصة المارء جاليليو الذى قدم فكرة البصوير لكى يربط الميكانيكا السماوية التى وضعها كبلر بنظيرتنا الأرضية حول الأجسام الساقطة • وكان كبلر قد بنى نظامه على فروض كوبرنيكوس ، وجاءت أعمال جاليليو ، بدورها ، فوضمت الأساس لتحاليل نيوتن الكلاسيكية فى علم الميكانيكا •

ويمكس هذا الكتاب بكل جلام صفة الاتصال فى تطور العلم ، عندما يمرض وصول أكثر من عالم الى نفس الكشف فى وقت واحد • نحن نرى كيف ارتبك نيوتن عندما وجد أن هوك قد توصل الى فكرة الجاذبية بشكل مستقل ، كما نذكر الخلاف الذى دب بين نيوتن وليبنيز حول أسبقية كل منهما فى كشف حساب التفاضل والتكامل • ويرجع الفضل الى كل من لافوازييه وبريستلى فى فصل غاز الأكسجين • وكشف هنرى وفاراداي ، فى نفس الوقت ، عن الأثر

المغناطيسي للتيار الكهربى • وكاد والاس يسبق دارون فى نشر نظرية الانتقاء الطبيعى • وليس فى ميسورنا أن نرجع ذلك الى مجرد الصدق ، فهو ثمر كثير الحدوث • ويمكن تفسير هذه الظاهرة فى الوحدة التى يتصف بها العلم • تلك الوحدة التى تتخطى كل الاتجاهات التى تميل الى تقسيم العلم الى ميادين متباينة للمعرفة • ولا ينتظر من العلماء الذين يقتربون من المجهول ، وكلهم على أرض واحدة من المعرفة • ونفس الدوافع تحرك كلا منهم ، الا أن يوجهوا الى أنفسهم نفس الأسئلة •

يمالغ القسم الأول من هذا الكتاب ما نعلمه حقا عندما نقول : « ان الشمس قد بزغت » أو ان « التفاحة تسقط من الشجرة » • ان دوران الأرض حول محورها ، وقوة الجاذبية تبدو اليوم معلومات عادية لا تستدعى من المرء كثيرا من الالتفات فى حياته اليومية • غير أنه من المفيد أن نتذكر أن القول بوجود قوانين فيزيائية عامة تنطبق فى السماء وعلى الأرض كان هرطقة فى وقت من الأوقات • لقد أدى النجاح الذى أحرزه علم الفيزياء الى تغيير عميق فى الرأى العام الذى يسود المدنية الأوروبية •

وبينما حركة التنوير تحرز نصرا بعد نصر ، كان من الواضح أن حساب التفاضل والتكامل يمكن أن يحيط بكافة المعارف الممكنة • غير أن لابلاس واجه قارئاً شاباً ناقدا مدققا ، حتى قبل أن ينشر الجزم الأخير من كتابه « حركة الأجرام السماوية » • كان وليام رومان هاملتون عندئذ فى السادسة عشرة من عمره ، وبالرغم من أن أفكار لابلاس

قد يهرته ، إلا أنه فطن الى الصعوبات التي واجهت لابلاس وكيف قفز فوقها أو أخفاها . - حقا ان هاملتون لم ينجح في اقامة ميكانيكا جديدة للأجرام السماوية ، غير أنه كشف جبرا جديدا غريبا لا تتساوى فيه a ب مع a . ويستخدم هذا الجبر غير التبادلي الآن في وصف أحداث في علم الفيزياء لا يعلم علم التفاضل والتكامل أن يعالجها .

وكان جورج فرانسيس فيتزجيرالد وجهها جديدا أصيلا لم تقدر قيمته الحقيقية الا في القرن العشرين . كان هو الذي قدم الفكرة الغريبة القائلة بأن العصا قد تنكمش والساعة قد تبطي ، وذلك حتى تتحقق معادلات الحركة . واليوم يدرك كل منا سلامة هذه الفكرة ، ذلك أننا نعلم أن المعادلة التالية تسود العالم من حولنا : الطاقة = الكتلة \times مربع سرعة الضوء ، كما نعلم أن الجسيمات ذات العمر القصير تعيش فترة أطول عندما تصبح سرعتها قريبة من سرعة الضوء .

وكان كشف بريستلي ولافوازييه في نفس الوقت لغاز الأكسجين أكثر من مجرد صدفة ، انه تعبير واضح عن أهمية النظرية في تفهم الظواهر المشاهدة . لقد أجرى كل من الرجلين تجارب عبقرية أدت الى فصل عوامل ونواتج الاحتراق الأساسية . أما بريستلي ، الرجل البعيد عن السياسة ، فقد كان محافظا متمننا في العلم ، وكان راضيا على نظرية الفلوجستون القديمة ونجح في « انقاذها » عندما قام بتحليل نتائجها . وأما لافوازييه فقد بدأ بفرض مختلف تماما عن طبيعة الاحتراق ، ومن ثم فانه تعرف على

غاز الأكسجين كعنصر ، وغاز ثانى أكسيد الكربون كمركب ..
وكان تفسيره للنار ايذانا ببدا عهد جديد تلعب فيه وسائل
القيزياء دورا كبيرا فى حل مشاكل علم الكيمياء *

ومن العجيب ان التاريخ يكشف لنا أن الانسان بدأ
يتفهم الكهربائية قبل أن يصحح مفهوماته الخاطئة عن النار .
غير أن بنيامين فرانكلين لم يكن مجريا جريئا فحسب ، بل
كان كذلك بارعا فى النظريات . ان الرجل الذى « خطف
البرق من السماء وانتزع الصولجان من يد الطاغية » فعل
أكثر من مجرد توضيح أن البرق لا يختلف عن الشرارة التى
يستحدثها الانسان . ومازالت آراؤه الخاصة « بالسيال »
الكهربى الواحد او اتجاه سريان الكهرباء أو عدم فناء
الشحنة ، مازالت متضمنة فى النظريات الكهربائية حتى
اليوم .

ولقد حاول الدكتور فرانكلين ، الحاكم ، أن يجعل بأقلمة
المعلم حتى يكون ذا فائدة مباشرة لمواطنيه الأمريكيين . وبعد
جيلين لاحظ توكيفيل أن هذه الأمة الجديدة « لا تتطلب من
المعلم أكثر من أن يلعب دوره التطبيقى فى الفنون المفيدة ،
وأن يجعل الحياة أكثر أمنا وراحة » وتكشف قصة جوزيف
هنرى بشكل قاس عن دقة الملاحظة ، ذلك أن واحدا من
مواطنيه لم ير فائدة مباشرة لقضبانه المغنطة أو ملفاته ،
بل ان كشفه لظاهرة التأثير الكهربى عام ١٨٣١ لم ينشر
حتى عام ١٨٣٣ بعد أن أصاب فاراداي قدرا كبيرا من
الشهرة وأعلن عن كشفه لنفس الظاهرة .

وكانت النتيجة المباشرة لنشاط فاراداي وهنرى أن دارت المولدات الأولى على جانبي الأطلسنطى . غير أن الفرق بين المعهد الملكي الذي كان يعمل فيه فاراداي وورشة المدرسة التي كان يعمل فيها هنرى ، عبر عن نفسه بوضوح إذ كانت أنجلترا أكثر ادراكا للمدلول العميق للتجارب التي قام بها كل من العالمين الكبيرين . أما كلارك ماكسويل فقد كان يبحث عن تعبير رياضى شامل للصورة التجريبية فى ميدانى الكهربائية والمغناطيسية . وربطت معادلاته بشكل غير منتظر بين الظواهر الكهربائية المغناطيسية والظواهر الضوئية ، كما أوضحت هذه المعادلات أن طيف الضوء ان هو الا شريط ضيق من الطيف العام للطاقة المشعة . وسرعان ما كشفت التجارب ، التي أدت معادلات ماكسويل الى اجرائها ، عن وجود موجات الراديو غير المرئية . وكذلك وجهت هذه المعادلات القائمين على اجراء التجارب الى احتمال وجود اشعاعات طول موجاتها أقل من طول موجات الضوء . وكان كشف الأشعة السينية وأشعة جاما ايذاناً بفتح الطريق أمام علم الفيزياء النووى أو الذرى .

ولعل فى هذا المرض ما يبين لماذا يوضع ماكسويل الى جانب نيوتن فى تاريخ العلم ، ذلك أن ماكسويل وضع نظاماً متكاملًا يلتقى الضوء والتوجيه على أعمال الأجيال الماضية والتالية من العلماء .

أما هارفى ودارون وبافلوف فهم علماء من طراز آخر ، ذلك أن القياسات الدقيقة التي تنطبق فى علم الفيزياء لا تجد لها مجالاً فى عمليات الحياة . والكشوف

البيولوجية قد تبدو ، من بعض الجوانب ، أقل أهمية للرجل المثقف من معادلات ماكسويل مثلا . ولكن ، هل هناك مقياس يمكنه أن يزن بدقة عمق الإدراك اللازم لمعرفة الدور الذي تقوم به صمامات الأوردة ، أو مدى التخيل اللازم لإدراك التحولات التي عانتها الكائنات الحية في جزر جالاباجوس ، أو أصالة المجرب الذي اتخذ إفرازات العصارات المعدية كدليل على العمليات غير المرئية التي تحدث في الجهاز الهضمي ؟ وإذا كان النجاح الباهر الذي أحرزته الوسائل العلمية في ميدان علم الفيزياء قد لفت النظر في السنين الأخيرة ، فإن علوم الحياة قد كشفت عن فوائد مباشرة هامة لخير الإنسان . لقد بين هارفي أن قوانين الميكانيكا تطبق في حركات القلب . ولا يقل دارون عن جاليليو أهمية ، من حيث انتزاعه لفكرة تربيع الإنسان على مركز الخلق . وفتح بافلوف الطريق أمام البحث المنطقي لسلوك الإنسان وشخصيته .

أما أبطال القسم الأخير من هذا الكتاب فقد يبدو أنهم وجوه أقل أهمية من سابقيهم . غير أنه كان من المنتظر أن تلمع شهرة بابيج لو أنه ولد متأخرا نصف قرن ، وكذلك رامانوجان لو أنه عاش حتى ينجز ما وضعه نصب عينيه . أما لويس كارول ، الذي خط قلمه أعظم الكتابات باللغة الانجليزية (بعد الانجيل وشاكسبير) . فلا شك أنه يحتسب لمكانا مرموقا في تاريخ العلم (★) .

(★) تضم هيئة التحرير : جيرارد بيل (الناشر) ، دينيس لالانجان (رئيس التحرير) ، ليون شيرسكي (مدير التحرير) ، جيس ، ز. نيومان ، ب. روزينباوم ، وجيس يروباوم (المدير الفني) .

القسم الأول
نظام العالم العظيم

جاليليو

لعمل اسم جاليليو أكثر الأسماء شيوعاً في المدونات العلمية ؛ غير أن الاراء تختلف اختلافاً بيناً فيما يتعلق بالأعمال التي قام بها بحيث يصعب على المالم العادى أن يحدد بدقة ما حققه جاليليو . يذكر لنا بعض الكتاب أن جاليليو كان تجريبياً ، وأنه صاحب « المنهج العلمى » لدراسة « الحقائق العامة للطبيعة » ، ويوضحون ذلك بذكر ما نسب اليه من أنه كشف قوانين الأجسام الساقطة عن طريق الملاحظة المتكررة لما يحدث عندما تسقط كرات متباعدة الأوزان من قمة برج بيزا المائل . هذا ، بينما يذكر آخرون أن جاليليو لم يتعلم شيئاً من خلال التجارب ، وأنه لم يلجأ الى التجربة الا لى يتحقق من نتيجة وصل اليها فعلاً عن طريق التدليل الرياضى والاستنتاجات القائمة على فروض أولية . وبينما يضمنى كثير من الكتاب على جاليليو لقب « أبو العلم الحديث » ، يقول البعض ان جل ما حققه جاليليو فى ميدان العلم ترجع أصوله الى نهاية المصور الوسطى . وبينما يتفق كثير من المعلقين مع السير دافيد بروستر فى رأيه القائل بأن جاليليو أحد «شهداء العلم» ، يوافق آخرون على رأى آ . ن . هوايتهد القائل بأن المقوبة التى أوقعتها

لجنة التحقيق الرومانية على جاليليو لم تتمدد و تحفظا يحيط
به التكريم وعتابا هادئا قبل أن يموت بسلام وهودم على
سريره » *

ماذا يفعل العالم الذى يجابه بهذه الآراء المتناقضة
يقدمها كتاب محترمون ، وعليه أن يختار لنفسه رأيا منها ؟
ان هذا المثل يدعونا الى تأكيد الحاجة الى متابعة المنح
الدراسية الخاصة بتاريخ العلم ، بل والتوسع فيها . ذلك
أن فهم المدلول الحقيقى لما قام به جاليليو فى علمى الفيزياء
والفلك ، يتطلب منا أولا وقبل كل شئ معرفة واضحة لمدى
اتساع وطبيعة العلم الذى كان سائدا اذ ذاك ، كما يتطلب
بعد ذلك معرفة كافية لتاريخ العلوم الفيزيائية منذ ذلك
الوقت ، بهذا يمكننا أن نقيم العناصر التى ثبت أثرها
الفعال فى تقدم العلم *

ولعل الصعوبة التى نواجهها فى تفسير أعمال جاليليو
ناجمة ، لحد كبير ، من طبيعة فكره وكتاباتة . انه كان يحيا
فى فترة خصبة تعدد نهاية المصور الوسطى وعصر النهضة
وبداية عصر العلم الحديث ؛ ومن ثم فان جاليليو كان
شخصية انتقالية ، احدى قدميه فى الماضى ، على حين تمتد
الأخرى الى المستقبل . والنتيجة ، أن من الغرور الذى لا حد
له أن يدعى المرم الملاممة بين هذه التناقضات فى التفسيرات
المختلفة التى قدمت خلال المائة عام الماضية . غير أن ذلك
لا ينفى بروز عدد من الجوانب فى الأعمال التى حققها
جاليليو . *

جاليليو

كان جاليليو عالما فيزيائيا وفلكيا ورياضيا . وقدم أول مساهمة هامة له فى علم الفلك عام ١٦٠٤ عندما كان أستاذا فى جامعة بادوا ، ذلك المنصب الذى شغله عام ١٥٩٢ وعمره ثمانية وعشرون عاما . وحدث ذلك عندما بدا فى السماء نجم جديد ، مستمر ، وأثار كثيرا من الاهتمام بين العلماء والطلبة ورجل الشارع فى كل مكان . وألقى جاليليو محاضرة عامة أوضح فيها ، على أساس من المشاهدات الدقيقة ، أن هذا النجم الجديد نجم حقا ، ولا يمكن أن يكون شهابا عابرا فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض ، لأنه لم يكشف عن أى أثر للتزيح ، وأنه لا بد وأن يكون نجما ثابتا بعيدا من بين النجوم الثابتة البعيدة عن نطاق نظامنا الشمسى . وتنبأ جاليليو بأن هذا النجم سيظل مرئيا لفترة قصيرة ثم يختفى بعد ذلك .

وليس من السهل أن ندرك الآن مدى الجراءة فى قول جاليليو . ذلك أن النظرة العامة التى كانت سائدة اذ ذاك فيما يتعلق بالعالم الخارجى كانت أرسطية فى مجموعها ، وكان الاعتقاد السائد هو أن السماوات تتصف بالكمال وعدم التغير ولا تمنى نموا أو تحللا . ان الأرض فقط ، وهى مركز الكون ، هى القابلة للتغير . وقوانين الفيزياء على الأرض تختلف اختلافا بينا عن قوانين الفيزياء التى تنطبق على الأجرام السماوية .

وكان رأى جاليليو القائل بأن هذه السماوات الكاملة وغير القابلة للتغير قد تمنى من النمو أو من التحلل ، لا بد وأن يصطدم بالأرسطيين . ولعل هؤلاء الأرسطيين ، كما

يقول ج* ج* فاهى ، أحد مؤرخى جاليليو ، قد « تضايقوا من ظهور هذا النجم » بقدر ما « تضايقوا مما فعله جاليليو حين لفت النظر الى هذا النجم بقوة وبشكل علنى » . وعلى أية حال ، فقد كان الهجوم على جاليليو أسهل من الهجوم على النجم ذاته . ولم يتوان جاليليو عن التقاط القفاز ، وانتهاز الفرصة لدحض العلم الفيزيائى الأرسطى القديم ، الذى كان يؤمن بعدم صلاحيته ، ومع النظام البطلميوسى للكون الذى يعتبر الأرض بمثابة المركز فى هذا الكون .

وكان جاليليو اذ ذاك واحدا من الذين اعتنقوا آراء كوبرنيكوس ، بالرغم من أنه لم يكن قد جروء على اعلان ذلك « خوفا من أن ألقى مصير أستاذنا كوبرنيكوس » ، كما كتب فى خطاب منه الى جوهان كبلر . غير أن جاليليو ما كاد ينتهى من دراساته عن هذا النجم الجديد حتى عنت له فرصة رائمة للتيقن من آراء كوبرنيكوس . وكانت هذه الفرصة أهم حدث فى حياة جاليليو كعالم فلكى . كتب يقول :

« منذ عشرة أشهر وصلت الى أسماعنا مهمة تقول ان رجلا هولنديا توصل الى عمل جهاز بصرى يجمل المرئيات تبدو قريبة للانسان ، حتى ولو كانت بعيدة جدا عنه . وسرت أقاويل كثيرة حول الأثر العجيب لهذا الجهاز أكدها البعض ونفاها البعض الآخر . وبعد أيام وصلنى خطاب من الفرنسى النبيل جاكوب بادوفير يؤكد صحة هذه الاشاعة ، الشئ الذى دهانى الى البحث عن النظرية والوسائل التى قد تصل بى الى اختراع جهاز مماثل . ولقد تحقق هذا الهدف

جاليليو

بعد فترة قصيرة ، وعلى أساس من دراسة نظرية انكسار الضوء ، وصنعت ماسورة من الرصاص مثبت في أحد طرفيها عدسة محدبة ، ومثبت في الطرف الآخر عدسة مقعرة .

بهذه الكلمات وصف جاليليو تعارفه على التلسكوب أو المنظار الكبير ، وجاء هذا الوصف في كتابه العظيم « رسول النجوم » الذي نشره في فينسيا عام ١٦١٠ . وبالرغم من أن عددا من الأشخاص كان يدعى كل منهم أنه صاحب الفضل في هذا الاختراع ، إلا أنه من المقطوع به أن جاليليو كان أول من وجه التلسكوب لمشاهدة الأجرام السماوية . وكانت هذه تجربة فريدة في تاريخ الانسان ، فقد مرت آلاف السنين والانسان لا يرى السماء إلا بعينه المجردة . وما كان لأحد أن يعلم عظمة ما يقع خارج نطاق رؤية العين المجردة . وحيثما وجه جاليليو منظاره الكبير وجد حقائق جديدة تدعو الى الدهشة والمعجب .

بدأ جاليليو بدراسة القمر ، واستنتج أن « سطح القمر ليس كامل الملامسة دائريا بالضبط ومتجانسا تماما . وكان الكثير من الفلاسفة يعتقد أن هذه الصفات تنطبق على القمر والأجرام السماوية الأخرى . . . غير أن سطح القمر ، على العكس من ذلك ، مليء بالفجوات والنتوءات ، تماما مثل سطح الأرض الذي تمتريه هنا ربي عالية وهناك وديان عميقة » . بل أن جاليليو ذهب الى حد تقدير ارتفاع الجبال على سطح القمر ، ووصل الى نتيجة تتفق في القدر مع النتائج الحديثة . وكان يعتقد أول الأمر أن المساحات الداكنة والمضيئة على سطح القمر إنما تعكس الأرض والماء ،

ولكن علينا أن نتذكر هنا أن المبتدئين في دراسة علم الفلك يمتقدون نفس الاعتقاد عند النظر إلى القمر أو إلى صورة من صورته ..

وانتقل جاليليو بعد ذلك إلى النجوم وكشف في التو أن هناك فرقا بين النجوم الثابتة والكواكب أو السيارات . « أن أقراص الكواكب تبدو مستديرة كاملة الاستدارة كما لو كانت مرسومة بأنفرجار ، وتبدو وكأنها عديد من الأقمار الصغيرة الكروية المضيئة : غير أن النجوم الثابتة لا تبدو للعين المجردة محدودة بمحيط دائري [كأنها كذلك فعلا] ، ولكنها تبدو وهجا من الضوء يرسل أشعته المتلألئة إلى كافة الاتجاهات - وهي تبدو كذلك سواء نظرنا إليها بالعين المجردة أو بالمنظار الكبير ... » - كما أشار جاليليو إلى أن المنظار الكبير مكنه من رؤية « عدد هائل يفوق التصور من النجوم الأخرى التي لا تصل إليها العين المجردة ... »

وانتقل جاليليو بعد ذلك إلى مشاهدة المجرة أو طريق التبانة وتمجّب أشدّ العجب إذ وجده « مجرد عدد لا حصر له من النجوم موزعة في مجموعات » - وأكثر من ذلك ، لقد وجد أن كافة « السدم » ، التي اشتهر بخصوصها جدول طويل ، ما هي إلا كتل من النجوم .

وختم جاليليو مشاهداته « بموضوع يبدو لي أنه أهم موضوع قمت به ، وهو أنني أعلن للعالم أنني كشفت وشاهدت أربعة كواكب لم يحظ الإنسان برؤيتها منذ وجد حتى وقتنا هذا ... »

جاليليو

فى السابع من يناير عام ١٦١٠ كان جاليليو يشاهد كوكب المشتري عندما لاحظ « وجود ثلاثة نجوم صغيرة ولكنها لامعة جدا وتقع الى جوار الكوكب » وبالرغم من أننى كنت أعتقد أنها من بين النجوم الثابتة ، إلا أننى عجبت لها بمض الشيء اذ بدا لى أنها مرتبة فى خط مستقيم يوازي دائرة البروج ، وأنها أكثر لماعا من بقية النجوم التى تساويها فى القدر ٠٠٠ كان هناك نجمان الى الشرق [شرق المشتري] وواحد الى الغرب ٠٠٠ وفى الثامن من يناير دفعتنى القدر الى أن أوجه منظارى الى نفس الرقعة من السماء ، ولاحظت أن الأمور قد تغيرت، فقد رأيت ثلاثة نجوم صغيرة تقسع كلها الى غرب المشتري وأقرب الى بعضها من الليلة الماضية وتفصل بين الواحد منها والآخر مسافات متساوية ، كما يبدو من الرسم المصاحب »

واستمر جاليليو ، ليلة بعد ليلة ، يشاهد هذه المجموعة من « النجوم » ، وأخيرا « قرر دون تردد أن هذه النجوم الثلاثة تدور حول المشتري ، كما تدور الزهرة وعطارد حول الشمس » ولقد أثبتت المشاهدات التالية هذه الحقيقة بشكل واضح وضوح النهار . كما دلت هذه المشاهدات أن هناك أربعة أجرام سماوية ، لا ثلاثة فحسب ، تدور حول المشتري ٠٠٠ »

ولقد ذكر جاليليو أن كشف الأقمار الأربعة التى تدور حول المشتري ، والتى سماها « كواكب » ، بمثابة حجة رائعة تقضى على المعجب الذى يساور هؤلاء الذين يقبلون دوران الكواكب حول الشمس فى النظام الكوبرنيكى ، ولكنهم

ينزعجون لدوران القمر حول الأرض ... فنحن نقابل الآن لا كوكبا واحدا يدور حول آخر ... ولكن أربعة توابع تدور حول المشتري ، كما يدور القمر حول الأرض، في حين يدور المشتري وتوابعه في مدار هائل حول الشمس يستغرق اثنتى عشرة سنة * وتوصل جاليليو كذلك الى كشف هام آخر : هو أن كوكب الزهراء له أطوار تماثل أطوار القمر ، من البدر الكامل الى الهلال الرفيع * وهذه هي كلمات جاليليو: « ان مشاهدة هذه الظواهر المجيبة تؤدى بنا الى أن نصل الى نتيجة حاسمة تتفق مع شواهد الحس لدينا ، فيما يتعلق بموضوعين هامين ناقش المثقفون فيهما طويلا وتوصلوا الى نتائج متباينة * أما الموضوع الأول فهو أن الكواكب أجرام غير مضيئة بذاتها (هذا اذا كان لنا أن نطبق آراءنا عن الزهراء ، على عطارد أيضا) ... والموضوع الثانى هو أننا مضطرون الى القول بأن الزهراء (وكذلك عطارد) تدور حول الشمس ، شأنها شأن بقية الكواكب * تلك حقيقة كان يؤمن بها الفيشاغوريون وكوبرنيكوس وكبلر ولكنها لم تثبت بشواهد حسية ، ولكنها ثبتت الآن فى حالتى الزهراء وعطارد * »

وكان كشف جاليليو لأطوار الزهراء بمثابة تحد مباشر للنظام البطلميوسى المعترف به * ذلك أن النظام البطلميوسى كان يرى أن الزهراء تتحرك فى تدوير ، أى فى مدار دائرى يظل مركزه دائما بين الأرض والشمس * واذا كان الأمر كذلك ، واذا كانت الزهراء ، كما بين جاليليو ، تلمع نتيجة لانعكاس الضوء من الشمس فمن الممكن أن ترى بعض الأطوار الهلالية للزهراء ، ولكنه يستحيل عندئذ أن ترى

جاليليو

الزهراء كنصف دائرة أو دائرة كاملة أو أى طور بينهما •
غير أن جاليليو شاهد فعلا كافة هذه الأطوار •

أدت كشوف جاليليو الى جعل النظام الكوبرنيكى «نظاما مقبولا من جهة النظر الفلسفية» ، وذلك عندما احتلت الأرض مكانة مماثلة للكواكب الأخرى والقمر • ولقد بين جاليليو كيف أن الأرض تضىء مثل بقية الكواكب ، بمكس ضوء الشمس ، وذلك عندما لاحظ أن النصف المظلم من القمر التريعى يضىء بشكل خافت نتيجة للضوء المنبعث من الأرض • وإذا كان لنا أن نشاهد الأرض من منظار مكبر موضوع على القمر أو على الزهراء ، لرأينا كيف أن الأرض تبدو فى أطوار مختلفة شأنها فى ذلك شأنهما • ويقول جاليليو فى هذا الصدد : « ان الأرض ، بكل عدل وتقدير ، ترد الجميل الى القمر ، انها تبعث اليه بضوء يكافئ ذلك الضوم الذى تقبله منه خلال الليالى المعتمة » •

أما الشمس فانها تضىء من ذاتها ، وهى لهذا تختلف عن الأرض والقمر وبقية الكواكب • وإذا كان لابد من وضع جرم بعينه فى مركز الكون فلا بد وأن تتمتع الشمس — لا الأرض — بهذا المركز ! الشمس فى المركز ومن حولها تدور الكواكب ، والمشتري بتساويه الأربعة يدور كذلك بنفس الطريقة • هذا هو نموذج النظام الشمسى •

ان حياة جاليليو والأعمال التى حققها تكشف عن الوحدة فى الهدف يندر وجودها عند العلماء ، فنشاطه فى مجال الميكانيكا يكمل نشاطه فى ميدان الفلك بحيث يصبح الجميع

كلا متكاملًا • ويبدو من كتابات جاليليو أنه كان يتمتع بإحساس ميكانيكي حق وبقدرة عبقرية على الاختراع • كان أحد كشفه الأولى أن البندول ، صغيرا كان أم كبيرا ، يأخذ نفس الوقت في الذبذبة الواحدة • ومرعان ما استخدم هذا الكشف في اختراع « جهاز قياس للنفض » يستطيع بواسطته أن يقارن بين معدلات النفض بطريقة تسجيل ميكانيكية • وكان جاليليو شديد الاهتمام بالميكانيكا ، لا لأنها كانت هواية طبيعية لديه فحسب ، ولكن لأنه كان يعتقد أنها علم كوني يمثل الرباط بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية ، وأنه إذا استطاع الوصول إلى قوانين الحركة على الأرض ، فسيكون في ميسوره أن يطبق هذه القوانين على حركة الكواكب والنجوم • كان يطمح في أن يكشف للناس أن النظام الكوبرنيكي يرى أن الكواكب تتبع في مسارها في السماء قوانين منتظمة وبسيطة ، بمكس ما تقول به النظرية القديمة من أن كلا منها يهتدي « بقوة ذكية خاصة به » •

ولا شك أن جاليليو عندما كان يبحث عن علم للميكانيكا ينطبق على الكون بأسره ، على الأرض وفي السماء ، لا شك أنه كان يقف بشدة في وجه الرأي الذي كان سائدا اذ ذاك ، وهو رأى أرسطو ، الذي فرق بحددة بين قوانين الحركة على الأرض والقمر وقوانين الحركة في الكون « السماوي » الذي يلي القمر • ففي عالم ما تحت القمر تحدث « الحركة الطبيعية » في خط مستقيم • فالتفاحة تسقط من الشجرة إلى أسفل لأنها « ثقيلة » ومكانها الطبيعي « إلى أسفل » ، ولاجبارها على أن تتحرك في اتجاه يعاكس طبيعتها ينبغي بذل « حركة

جاليليو

عنيقة » • أما فى عالم ما فوق القمر فالأمر على عكس ذلك ،
اذ ان الحركة الطبيعية ، حركة دائرية ، وهى الحركة التى
تناسب المادة الكاملة التى تتكون منها هذه الأجرام
السماوية •

وعندما كشف جاليليو عن التشابه بين الأرض والقمر
والكواكب مشيرا الى أنها لا بد وأن تتبع نفس القوانين ،
كان فى الحقيقة يجمع بين الظواهر الأرضية والظواهر
السماوية فى علم فيزيائى كونى واحد • ويمكننا أن نعتبر
الثورة فى التفكير الفيزيائى التى حققها جاليليو على أنها
تركيز اهتمام الناس على مشكلتى الحركة والتغير • لقد
أثبت أن الشمس ، وهى أكثر الأجرام السماوية «كمالا» ،
عرضة للتغير ، اذ تتغير البقع فيها عند النظر اليها بمنظار
جاليليو ! وعلى أية حال ، فقد كان جاليليو يرى أن كون
الأجسام غير قابلة للتغير أو التحول « لا يضىء عليها عظيم
الشرف » ، كما أن الأرض لا تتصف « بالحقارة » لأنها
تتغير •

وفيما يلى كلماته : « اننى أرى أن الأرض شئ نبيل
جدا ويدعو الى الإعجاب ، وذلك لكثرة التحولات والطفرة
والتولدات التى لا تتوقف فيها ؛ كما اننى أرى أنه اذا كانت
الأرض لا تعانى هذه التغيرات ، وكانت مجرد كتلة هائلة
من الرمال أو من اليشب ، ولو أنها استمرت كرة هائلة من
الببلور لا ينمو فيها شئ أو يتغير أو يتبدل ، لما كان لها فى
ناظرى قيمة أو فائدة ولكانت مليئة بالحمول ولا ضرورة
لوجودها على الاطلاق •• هل هناك غباء يمكن تصوره أكثر
من أن نسمى الجواهر والذهب والفضة أشياء ثمينة ، وأن

نسمى التراب والطين أشياء وضيعة ؟ أفلا يرى هؤلاء الناس أنه إذا كان التراب نادرا ندرة الجواهر والمعادن الثمينة فإن أى أمير سيسعد بأن يقدم كومة من الماس وأكياسا من الذهب ، ويأخذ نظير ذلك حفنة من تراب تملأ اناء صغيرا يزرع فيه عودا من الياسمين ويراه ينبت أمام ناظريه وتنبت منه الأوراق الخضراء والورود ذات المبرق؟ ان الندرة أو الوفرة ، اذن ، هى التى تجعل العامة يقدرّون هذا الشيء أو يحقرّونه » -

ونحن سنكتفى هنا بأن نتناول ثلاثة جوانب من علم الميكانيكا الذى وضعه جاليليو : قانون الأجسام الساقطة ، قاعدة القصور ، وتحليل وتركيب الحركات المستقلة . ويمتبر قانون الأجسام الساقطة أشهر كشف جاليليو . وتدل البحوث الحديثة على أن أعمال جاليليو المتعلقة بالأجسام الساقطة كانت شيئا أصيلا ومبدعا من حيث استخدام القانون أكثر منها من حيث العبارات التى صاغ بها ذلك القانون . قال أرسطو ان سرعة الجسم الساقط تتوقف على مقاومة الوسط انذى يسقط فيه الجسم ، فقطعة من الحجر مثلا ، سوف تسقط فى الهواء بأسرع مما تسقط فى الماء . وقال كذلك انه اذا سقط جسمان فى وسط مقاوم مثل الهواء فان سرعة كل منهما ستتوقف على وزنه . ولقد عبر كثير من الكتاب ، حتى قبل جاليليو ، عن شكوكهم فى هذه القاعدة ، فبين جون فيلوبونوس فى القرن السادس أن العكس هو الصحيح ، وذلك عن طريق تجربة قام بها . وعالج جاليليو هذه المشكلة باستخدام قواعد التذليل المنطقى والرياضيات أكثر منه باستخدام التجربة المباشرة .

جاليليو

لقد اعتبر احتمالين في حالة الحركة ذات العجلة المنتظمة التي بدأت من حالة السكون : (١) أن السرعة تتناسب مع مسافة السقوط ، (٢) أنها تتناسب مع فترة السقوط . أدى به الاحتمال الأول الى تناقض ظاهر ؛ ومن ثم فقد قبل الاحتمال الثانى وهو القانون المعروف الآن والذي يقول بأن السرعة تساوى العجلة مضروبة فى الزمن : $s = e \cdot n$. ثم استخدم بعد ذلك البرهان المعروف الذى يقول بأن الجسم ذا العجلة المنتظمة يتحرك خلال مسافة f فى فترة من الزمن n تساوى المسافة التى يتحركها خلال نفس الزمن لو أنه سار بمتوسط السرعة ، وتوصل من ذلك الى قانون مماثل للقانون التالى : $f = \frac{1}{2} e n^2$.

وعندما أراد جاليليو أن يتحقق من ذلك القانون اقترح تجربة الحركة على سطح مائل ، كوسيلة ، لتخفيف الجاذبية . تمكن الانسان من دراسة الحركة المتدحرجة البطيئة نسبيا لجسم ساقط على سطح مائل ، باستخدام الساعة المائية . ويعتمد هذا الاختبار على نظرية جاليليو الهامة المتعلقة بتركيب الحركات . فالجسم المتحرك على سطح مائل ، حسب نظرية جاليليو ، يمكن تحليل حركته الى عنصرين : الحركة الأفقية أو الى الأمام ، والحركة الرأسية أو الساقطة ، وكل منهما منفصلة عن الأخرى . ولقد بين جاليليو ، من تجاربه على الأجسام الساقطة على سطوح مائلة ، أن هذا القانون $f = \frac{1}{2} e n^2$ ينطبق فى هذه الحالة ، حالة السطوح المائلة ، واستنتج من ذلك أنه ينطبق كذلك على الأجسام التى تسقط بحرية .

وهنا نواجه مثلاً واضحاً لأسلوب جاليليو فى علم الفيزياء : انه يتممور الظروف التى توجد فى حالة معينة ويضع لها الصيغ الرياضية ثم يستخلص النتائج المعقولة ، وأخيراً يلجأ الى اختبار سريع للتأكد من نتيجته اذا كان الأمر فى حاجة الى الاختبار . وكان اختبار التجريبى فى هذه الحالة يعتمد على كرات من النحاس تتدحرج فى مجرى معين . كان يقيس الزمن الذى تستغرقه الكرة فى قطع مسافة معينة على سطح مائل بدرجة أو بأخرى . ووجد جاليليو خلال « تجارب كررها حوالى مائة مرة » أن الأزمنة تتفق مع القانون مع فروق « لا تستحق الذكر » . وتبين هذه النتيجة التى وصل إليها من أن الفروق « لا تستحق الذكر » كم كان متمسكاً بفكرته حتى قبل بدء التجارب ، فالواقع أن الطريقة البدائية التى أجرى بها تجاربه لا يمكن أن تصل به الى قانون دقيق . والواقع أن الفروق ، كما وجدها الأب مرسين الذى عاصر جاليليو ، كانت كبيرة لدرجة أن الأب مرسين لم يتمكن من إعادة تجارب جاليليو ، حتى انه كان يشك فى أن جاليليو قام بهذه التجارب على الإطلاق .

وما ان اقتنع جاليليو نفسه بأنه قد توصل الى قانون الأجسام الساقطة ، حتى رغب فى استخدامه . كان يعلم جيداً أن هذا القانون لا يعمل الا تحت ظل ظروف مثالية يعتمد فيها وجود وسط مقاوم ، غير أنه قرر ، بالرغم من ذلك ، أن يستخدمه فى حالة الأجسام الساقطة فى الهواء ، فقد لاحظ أن أثر مقاومة الهواء بالنسبة للأجسام الثقيلة مثل كرات المدافع ، كان أثراً ضئيلاً .

جاليليو

أخذ جاليليو فى اعتباره أن الحركة فى الهواء تختلف قليلا عن الحالة المثالية ، ثم استخدم قاعدته لتحديد مسار القذائف • والقذيفة ، حسب تحليل جاليليو ، لها عنصران مستقلان للحركة ، الحركة الأفقية والحركة الرأسية ، شأنها فى ذلك شأن الكرة على السطح المائل • إذا أطلقت القذيفة أفقيا من بندقية فإنها ستسير الى الأمام قاطعة نفس المسافة كل ثانية ، هذا إذا غرضنا الطرف عن عامل مقاومة الهواء ، وهو عامل طفيف • غير أن القذيفة ، ما إن تخرج من ماسورة البندقية حتى تبدأ فى السقوط نحو الأرض ، ففى خلال الثانية الأولى تستسقط ١٦ قدما ، وفى خلال الثانية الثانية تستسقط ٤٨ قدما ، وفى خلال الثانية الثالثة تستسقط ٨٠ قدما • وهكذا • وعلى ذلك فإن مسار القذيفة سيكون قطعنا ناقصا • كان هذا الكشف شيئا جديدا له أهمية قصوى فى ميدان العلم الجديد المتعلق بمدى تصويب المدفعية •

وكذلك تضمن تحليل جاليليو كشافا جديدا آخر هو قاعدة القصور • انه لم يذكر هذه القاعدة بشكل واضح الا أنه استخدم • فى فروضه الخاصة بحركة القذائف ، النظرية القائلة بأن الجسم سيظل فى حالة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية • لقد أدخل جاليليو الفكرة الثورية ، المضادة لعلم الفيزياء القديم ، والتي تقول بأن الحركة المنتظمة فى خط مستقيم تكافئ ، فيزيائيا ، حالة السكون ، وهو بذلك حول علم الميكانيكا من أساسه الاستاتيكي الى أساس كينماتيكي •

ولقد قدمت هذه القاعدة الجديدة أول تفسير كامل لميكانيكا الكون الكوبرنيكي • لقد صار فى وسع المرء أن

يفسر لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة برج عند قاعدة
البرج بالرغم من أن الأرض قد تحركت أثناء سقوط الحجر .
كما صار في وسعهم أن يفهم ، لأول مرة ، لماذا يسقط الحجر
الساقط من قمة الصاري في مركب متحرك عند قاعدة
الصاري بالرغم من حركة المركب . لقد أشار جاليليو الى أن
الحجر كان يشترك مع المركب في الحركة الى الأمام قبل أن
يبدأ في السقوط ، وأن هذه الحركة الى الأمام تظل تلازمه
أثناء سقوطه ، ذلك أن الحركة الى الأمام والحركة الى أسفل
نوعان مستقلان من الحركة . وعلى ذلك فلن يستطيع مشاهد
موجود على هذا المركب أن يستنتج من هذه التجربة هل
المركب في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة . وبعبارة
أخرى ليس في ميسور المشاهد أن يميز بين حالة السكون
وحالة الحركة المنتظمة الا باتخاذ نظاما خارجيا كمرجع له .
هذه هي قاعدة النسبية لجاليليو ، وهذه هي كلماته :
« بالنسبة للأرض ، للبرج ، أو لأنفسنا ، وكلها تتحرك مع
الحجر تلك الحركة الدوارة ، تصبح هذه الحركة الدوارة
وكانها غير قائمة » .

وهنا قد يتساءل القارئ : وما قصة التجربة
الشهيرة التي ألقى فيها جاليليو كرتين مختلفتين في القدر
والوزن من قمة برج بيزا المائل؟ لعله ألقى فعلا في مكان ما
وفي وقت ما وزنين مختلفين ووجد أن تنبؤات أرسطو القائلة
بوجود اختلاف كبير في لحظة وصول كل منهما الى الأرض ،
غير حقيقية ، الا أنه يبدو من البحوث الحديثة أنه لم يفعل
ذلك من قمة برج بيزا ، على الأقل بشكل علني أمام جمع من
الناس .

جاليليو

لقد وصل جاليليو الى آرائه المتعلقة بعلم الفيزياء عن طريق التفكير ، عن طريق التدليل السليم والرياضيات لا عن طريق الاستنباط من التجارب . لقد كتب الكلمات التالية في أثناء وجوده في بيزا قبل ذهابه الى بادوا : « غير أننا ، كالمعهد بنا دائماً ، نستخدم التدليل أكثر مما نستخدم الأمثلة (ذلك أننا نبعث وراء أسباب الآثار التي نراها ، والتجارب لا تكشف هذه الأسباب) » . كان جاليليو يركن الى استخدام ما يمكن أن نسميه « التجارب الذهنية » . وذلك بأن يتصور النتائج أكثر مما يشاهدها مباشرة - وهو عندما يصف حركة الكرة الساقطة من قمة قلع المركب المتحرك في « حوار عن النظامين الكبيرين للعالم » يجعل سمبليسيو الأرسطى يسأله هل قام بتجربة ما ليتحقق من ذلك . ويبادر جاليليو بالاجابة التالية : « كلا ، لست في حاجة الى تجربة فأننى أستطيع بدونها أن أؤكد أن الأمر كذلك لأنه لا يمكن أن يكون غير ذلك » .

ولكى يدحض جاليليو النتائج الناجمة عن منطق أرسطو قام بهجوم مباشر على الأرسطيين . لقد أشار ، مثلاً ، الى أنه « قد يكون من الممكن أن يبدع فنان فى صنع آلات الأرغن ولكنه لا يستطيع أن يعزف عليها » . وقد يكون المرء عالماً كبيراً فى المنطق ، ولكنه غير خبير فى استخدامه ، تماماً كما قد تقابل الكثيرين الذين يفهمون جيداً فنون الشعر من الناحية النظرية ولكنهم لا يستطيعون صياغة أربعة أبيات من الشعر ، أو الذين يتمتعون بالقدرة على تذوق الرسوم المختلفة ولكنهم لا يستطيعون رسم مجرد مقعد بسيط . ان هؤلاء الذين يصنعون الأرغن لا يعطون دروساً فى العزف

عليه ، انما يفعل ذلك المازفون المهرة ، والمرء يتعلم الشعر بقراءته المستمرة ، ويتعلم التصوير بالرسم والتخطيط المستمرين ، ويتعلم التدليل من قراءة الكتب المليئة بالتدليل ؛ وكل هذه هي الجوانب الرياضية لا الجوانب المنطقية » .

أما بخصوص التجاء أرسطو الى شواهد الحس فقد تساءل جاليليو : « ألم يقل أرسطو بأن علينا أن نفضل ما تدلى به الحواس عن كافة الحجج ، حتى ولو كان مظهره لا يقوم على أساس قوى ؟ ألم يقل ذلك بدون أدنى شك أو تردد ؟ » ويجيب سمبليسيو الأرسطى على ذلك بقوله : « انه يفعل ذلك » . وهنا يقول جاليليو « ... انك ستجادل بشكل أكثر أرسططالية عندما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن حواسي تنيثني بذلك أكثر منك عندما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن المنطق قد أقنع أرسطو بذلك . وبالإضافة الى ذلك ، يمكننا نحن أن نناقش موضوع الموانع السماوية بأفضل مما كان في ميسور أرسطو ، فهو قد اعترف بأن المعارف المتعلقة بها كانت صعبة بالنسبة له لبعده السماء عن شواهد حسه ، وهو بذلك يعترف بأن المرء الذي يستطيع أن يصل بأحاسيسه الى معارف أكبر عن السماء سيكون في وضع يمكنه من التفلسف بخصوصها بقدر أكبر من اليقين . ولقد مكنتنا المناظير المكبرة من أن نقرب من السماء ثلاثين أو أربعين مرة أكثر من أرسطو ، وصار في ميسورنا أن نكتشف في السماء مئات الأشياء التي لم يقدر على رؤيتها مثل البقع الشمسية التي لم يشاهدها هو مطلقا . كل هذا يجعلنا نتحدث عن السماء والشمس بيقين أكثر من أرسطو » .

جاليليو

وتحفل كتابات جاليليو بالمراجع التي تشير الى المشاهدات المباشرة والحقائق الناجمة عن الخبرة . من هذه الزاوية بنى جاليليو علمه على أساس تجريبي . ولكنه لم يكن ، بأية حال ، ذلك التجريبي الذي أراد كتاب القرن التاسع عشر أن يصوروه . انه لم يكن تجريبيًا دقيقًا ، بالرغم من أنه كان مشاهداً مدققاً، وتصويره كباحث صبور لا يستخلص النتائج الا بعد التجارب الطويلة لا يتمدى مجرد تضليل فى كتابة التاريخ . ان هذه الصورة تمكس نوعاً من رجال العلم جاء متأخراً ، ويمتبر روبرت المثل الحى له .

ان أعظم ما أسهم به جاليليو فكرته القائلة بأن الرياضيات لغة الحركة ، وأن التغير يمكن وصفه رياضياً بطريقة تعبر عن عموميته وحتميته ، وتعبر أيضاً عن شموله وإمكان تطبيقه على عالم الواقع . وبينما كان جاليليو يسخر من الجانب المسمى فى الأفلاطونية ، اذا به يصرح فى الصفحات الأولى من « حوار » : « اننى أعلم جيداً أن الفيثاغوريين يكونون أبلغ التقدير لعلم الأعداد وأن أفلاطون ذاته كان يقدر الذهن الإنسانى ويؤمن بأنه يشترك فى صفة القدسية لمجرد أنه يستطيع أن يفهم طبيعة الأعداد . وأنا شخصياً أميل الى أن أتخذ نفس الموقف » . ولقد وضع « حب الطبيعة للأعداد » فى كشف جاليليو أن الجسم الساقط تتزايد سرعته مع توالى الثوانى بنسب عددية متكاملة هى ١ ، ٢ ، ٣ . . . والمسافة التى يقطعها الجسم فى سقوطه مع توالى الثوانى تتزايد بنسبة الأعداد الفردية ١ ، ٣ ، ٥ . . . ولا شك فى أن العالم الذى أثر على تفكير جاليليو

بالدرجة الأكبر هو أرشميدس ، غير أن أرشميدس وضع
هندسة السكون ، بينما وضع جاليليو هندسة الحركة •

كانت النتيجة الأساسية لأعمال جاليليو خلال حياته
بأكملها هي استخلاص أدلة جديدة تعضد نظرية كوبرنيكوس
عن النظام الشمسي ، وتقديم التفسير الميكانيكي لحركة
الأجرام في هذا النظام • ولعل موجة العداء التي ارتفعت
في وجه أعمال جاليليو دليل على النجاح الذي أحرزه في هذا
المصعد • لقد ارتطم جاليليو في أخريات أيامه بلجان
التحقيق الرومانية • كان جاليليو يرى أن الكتاب المقدس
لم يكن يهدف الى تعليم العلوم ، وعبر عن ذلك الرأي في
خطابه الشهير الذي بحث به الى الدوقة العظيمة كرسيتينا •
قال ان كلمات الكتاب المقدس يجب ألا تؤخذ حرفيا ، وان
ما جاء في الكتاب المقدس بخصوص دوران الشمس حول
الأرض لم يكن يرمى الى تأكيد نظام مركزية الأرض ، وانما
كان مجرد تعبير عما نشاهده ونعبر عنه كل يوم • (ونحن
ما زلنا نتحدث حتى اليوم عن بزوغ الشمس وغروبها) •
ومن هنا كان جاليليو يرى أنه في ميسور المزم أن يقبل
النظام الكوبرنيكي ، ويظل في نفس الوقت كاثوليكيًا طيبًا
غير حاث ، بأية حال ، بالكتاب المقدس •

ولو أن جاليليو ظل في بادوا التابعة لحكم فينيسيا التي
كانت تعتبر نفسها مستقلة عن حكم البابا ، ما اضطر الى
مجابهة لجان التحقيق • غير أن الشهرة التي أصابته مع
كشوفه الأولى بالمنظار المقرب دفعت به الى أن ينتقل الى
فلورنسا • ولقد كتب الكثير عن محاكمة جاليليو والحكم

جاليليو

عليه ، غير أننا لن نناقش ذلك فى هذا الفصل القاصر على نشاطه العلمى . حقا ان جاليليو لم يعذب خلال المدة التى مكثها فى سجن التحقيق ، غير أنه لابد وقد تأثر بمعرفته أن كثيرين قد عذبوا وأنه لم يمض وقت طويل منذ أن حرق جوردانو برونو حيا . كان قد بلغ التاسعة والسنتين ، وصحته متدهورة . ولقد كتب ثلاثة أطباء ، فى معرض محاولتهم تجنبه المحاكمة ، عام ١٦٣٣ ما يلى : « من الواجب اعتبار حالته الصحية وأن أى سوء يصيب صحته قد يودى بحياته » . ان هذا الرجل المسكين ، الذى كان يتوق الى محاربة من ينكرون الحقائق الجديدة قد طعنته رحا المجلس المقدس للكنيسة التى لم يتوقف عن ولائه لها ، « واعترف » بعد التحقيق المتكرر معه :

« أقسم ، أنا جاليليو جاليلى ، ابن المرحوم فنسنزو جاليلى الفلورنسى ، وأنا أبلغ من العمر سبعين عاما ، وأنا أركع أمامكم لتحاكمونى ، أيها الكاردينالات الميجلون القائمون على التحقيق باسم الكنيسة العامة للقضاء على الهرطقة والمروق ، وأنا أضع أمام عيني الكتاب المقدس وألسه بيدي ، أقسم أننى آمن دائما وأننى سأومن فى المستقبل بمعونة الله ، بكل كلمة جاءت فى الكتاب المقدس ، وبكل تعاليم كنيسة روما . ولما كان المجمع المقدس قد طلب الى أن أتخلى عن الفكرة الخاطئة القائلة بأن الشمس تقع فى المركز ولا تتحرك ، ولما كان قد حرم على أن أومن بهذه الفكرة الخاطئة أو أدافع عنها أو أقوم بتعليمها ... قاننى على استمداد أن أنزع من أذهانكم ومن ذهن كل مسيحي كاثوليكي ، هذا الشك العنيف الذى راودكم بحق من جهتي »

واننى ، بناء على ذلك ، وبقلب مخلص ، وايمان راسخ ، ألن وأحق هذه الأخطاء والزندقه وكافة الأخطاء والآراء المضادة لما تقوله الكنيسة المقدسة ، وأقسم اننى لن أذكر فى المستقبل ، كتابة أو شفاهة ، ما من شأنه أن يثير الشك ضدى ، بل أقسم انه ما ان يصل الى علمى شيء بخصوص أى شخص يؤمن بهذه الهرطقة أو يشك فى ايمانه ، فاننى سأحيط المجمع المقدس أو المحقق فى مكان وجودى ، علما بما وصل الى . وأقسم ، علاوة على ذلك ، اننى سأحقق كافة الالتزامات التى وضعها المجمع المقدس أو سيضعها على كاهلى . فاذا حدث أننى خرقت عهودى وتمهداتى أو حنثت فى قسمى (وليجنبنى الله ذلك !) ، فاننى أعرض نفسى لكل الآلام والمعوبات التى قررتها الكنيسة المقدسة ضد الملعدين ومن شاكلهم . فليماوننى الله ، وليماوننى الكتاب المقدس . الذى المسه بيدي ، وأنا ، جاليليو جاليلى ، أقسم وأتعهد وأغل نفسى بما تمهدت به ، وأقرر أمام الشهود اننى كتبت هذا بمحض ارادتى واننى قد تلوته كلمة اثر كلمة .

ولا يسع المرء الا أن يحببتك الروح التى لا تخبو ،
والتي مكنت جاليليو ، والغجل يكلله ، والسجن يحيط به ،
والمرض يحاصره ، وكتاياته ممنوعة التداول — من أن يستكمل
كتابه الأخير الهام « العلوم الحديثة » الذى نشر سرا - ويحق
لنا اليوم أيضا أن نتساءل : هل كسبنا حقا معركة حرية
الايان ، فنحن ما زلنا نستطيع أن نردد عبارة جاليليو :
« ان الفلسفة تبقى الحرية » .

اسحاق نيوتن

إن عقلية اسحاق نيوتن وشخصيته تتحديان كل مؤرخ .
كان شخصا غريبا فريدا ، وكانت الينابيع التي يستقى منها
سلوكه خافية حتى على معاصريه . شبهه أحد المؤرخين في
عصره بنهر النيل . . تعرف قواته العظيمة . . واكنك لم
تكشف عن منابعه . غير أن العقائق الجديدة التي حصلنا
عليها والخاصة بالفترة الأولى من حياته تمكننا من معرفة
جزئية لصفات نيوتن وخط تطوره .

ولد نيوتن طفلا غاية في الضعف ، حتى ليقال انه كان
عليه أن يرتدى دعامة عنق خاصة في شهوره الأولى لتحمل
رأسه على كتفيه . لم يتوقع أحد أن يظل حيا . وكثيرا ما كان
يحلو لنيوتن ، بعد أن كبر ، أن يقول ان أمه كانت تذكر
دائما أنه ولد صغيرا جدا لدرجة أنه كان يمكن وضعه في
اناء صغير .

مات أبوه قبل ولادته بثلاثة أشهر ، وتزوجت أمه مرة
أخرى قبل أن يبلغ الثانية من عمره ، وكفلته جدته المعجوز .
كان يحيا في مزرعة منعزلة ، محروما من حنان الأبوين
وحبيهما ، دون أخوة أو أخوات تجمعهم واياهم الصداقة
والتنافس . ويرى المرحوم لويس . ت . مور ، واضع

أفضل تاريخ حديث لنيوتن، يرى أن كافة الصفات الانعزالية لهذا العالم يمكن ارجاعها لهذه الطفولة الوحيدة غير السعيدة .

ولما كان نيوتن قد ولد عام ١٦٤٢ ، فانه ترعرع فى عهد سادت فيه « فظائع الحرب الأهلية الطويلة المريرة » . كانت غارات القتل والنهب شيئا طبيعيا . وألقيت ظلال الشك على جدته « لعطفها على قوات الملك » . وما كان لهذا الطفل الذى تحيط به المخاوف الحقيقية الى جانب « مخاوف خلقها خياله » ، ما كان له أن يجد الراحة بين أحضان جدته أو أجراء المزرعة ، وكان من الطبيعى ، كما لاحظ مور ، أن يستغرق الولد الصغير فى «خضم من تأملاته فى وحدته»، وأن ينمى فى نفسه القدرة على التركيز التام . وصفته فتاة عرفتة فى شبابه بقولها انه « شاب هادئ ساكت مفكر ، لم يشاهد وهو يشارك الأطفال لهوهم ولعبهم » .

ولا شك أن نيوتن تغلب تماما على ضعفه الجسمانى قبل أن يصل الى سن الدراسة اذ تذكر احدى زميلاته فى المدرسة أنه تحدى صبيا جرما لأنه ضربه فى بطنه ، تحداه « وكال له الضربة حتى هزمه » . ولقد انتصر نيوتن نتيجة « روحه القوية وتصميمه الشديد » . وكان هذا الصبى من أوائل الفصل فقرر نيوتن أن « يهزمه كذلك فى ميدان الدراسة » ، « وجاهد حتى نجح فى ذلك ، وظل يتقدم حتى صار أول الفصل » .

وعندما بلغ نيوتن الرابعة عشرة من عمره أخذته أمه الى بيتها بعد أن مات زوجها الثانى . حاولت أن تجعل منه

فلاحا ، ولكنها فشلت كل الفشل ، فقد كان نيوتن عزوفا عن الفلاحة مفضلا عليها القراءة او عمل النماذج الخشبية بسكينة ، او حتى الاستغراق فى الأحلام . ومن حسن حظ العلم أن تخلت الأم عن محاولاتها وسمحت له أن يعد نفسه لجامعة كامبريدج .

وما ان بلغ نيوتن الثامنة عشرة من عمره حتى التحق بكلية ترينتى . ومرت السنون الأولى من دراسته الجامعية دون أن يلفت النظر بشكل خاص . ثم وقع تحت تأثير اسحاق بارو ، وهو رجل غير عادى يعمل استاذاً للرياضيات . كان رياضيا ممتازا ، عالما فى الكلاسيكيات ، وفلكيا ، وحجة فى علم البصريات . وكان بارو من أوائل الذين أدركوا عبقرية نيوتن . وبعد أن حصل تلميذه على درجته بقليل ، استقال بارو من كرسى الأستاذية كى يجلس عليه نيوتن وهو لم يتجاوز السادسة والعشرين من عمره . لقد صار نيوتن يحتل منصبا أكاديميا ممتازا وفتحت له الطريق لمقابلة دراساته التى حددت معالم عصره بأكمله .

وكان نيوتن قد فرس فعلا بذور مساهمته الثورية فى ثلاثة فروع متميزة من فروع العلم : الرياضيات ، وميكانيكا الأجرام السماوية ، والبصريات . وما ان تخرج فى جامعته حتى عاد إلى منزله فى ولسثورب ، حيث عكف على عمله لمدة ثمانية عشر شهرا يمكن أن توصف ، بحق ، انها أكثر الشهور اثمارا فى تاريخ التخيل الخلاق . والواقع أن نيوتن قد أمضى بقية حياته العلمية فى استكمال كشفه العظيمة التى توصل اليها خلال هذه الشهور « الذهبية » . وفيما يلى كلماته التى وصف بها ما حققه فى ولسثورب :

« فى أوائل عام ١٦٦٥ وجدت طريقة لتقريب المتسلسلات ووجدت قاعدة لاختزال أى أمن لكمية ذات حدين الى متسلسلة [أى نظرية ذات الحدين] • وفى مايو من نفس العام توصلت الى طريقة الممارسات لجريجورى وسلزياىس ، وفى نوفمبر [كشفت] الطريقة المباشرة للفروق [أى مبادئ الحساب التفاضلى] ، وفى يناير من العام التالى توصلت الى نظرية الألوان ، وفى مايو من نفس العام بدأت فى استخدام معكوس طريقة الفروق [أى حساب التكامل] ، وفى نفس العام بدأت أفكر فى قانون الجاذبية بحيث يشمل مدار القمر ••• وعندما قارنت بين القوة اللازمة لحفظ القمر فى مداره وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وجدت أنهما متقاربتان لحد كبير ••• » •

ونتيجة لما قام به نيوتن من تحليل الضوء والألوان - وكان قد حفظ لنفسه هذا الكشف على استحياء - تمكن من اختراع منظار عاكس يمالج الزيغ الناجم عن العدسات المستخدمة فى المناظير الأخرى • وقدم الى الجمعية الملكية فى لندن ملخصا وصف فيه منظاره الجديد ، وسرعان ما انتخب - وهو فى سن الثلاثين - عضوا فى الجمعية الملكية ، وحظى بذلك على أكبر درجات الشرف العلمية فى انجلترا •

ولقد أخذ نيوتن بهذه الشهرة المفاجئة أمام الرأى العام • كان مترددا فى اعلان كشوفه ، ولكنه طلب ، قبل أن ينقضى أسبوع على انتخابه فى الجمعية الملكية ، اذا لتقديم بحث عن « الكشف الفلسفى » الذى دفعه الى « صنع هذا المنظار » • وبلهجة لا يشوبها التواضع الكاذب قال انه توصل

الى « أغرب كشف ان لم يكن أعظم كشف توصل اليه عالم
فيما يتعلق بعمليات الطبيعة » .

ارسل نيوتن خطابه « الذى يحوى نظريته الجديدة عن
الضوء والألوان » الى الجمعية الملكية فى لندن فى السادس من
فبراير عام ١٦٧٢ . وكان هذا الخطاب أول بحث نشره
نيوتن ، كما أنه وضع الأساس ، لأول مرة ، لعلم الطيف ،
وفتح عهدا جديدا فى تحليل ظواهر الألوان . وفى كلمة ،
لقد بين نيوتن كيف أن المنشور الزجاجى يحلل الضوء الى
ألوانه المختلفة ذات معاملات الانكسار المختلفة ، وكيف أن
منشورا آخر يمكنه أن يجمع هذا الضوء المتحلل ويعيده
سيرته الأولى . ان هذه التجارب الرائعة تعد بمثابة فتح
جديد ييسر صياغة نظريات جديدة عن طبيعة الألوان . غير
ان هذا البحث لم يلاق التقدير العام الذى توقعه نيوتن ،
اذ انهالت على الجمعية الملكية خطابات كثيرة تعارض نتائج
نيوتن ، كتب بعضها رجال عديمو الوزن من الناحية العلمية
وكتب البعض علماء بارزون مثل كريستيان هيجين
وروبرت هوك . وانبرى نيوتن ، بصبر عجيب ، يرد على
هذه الخطابات الواحد اثر الآخر بعذر وعساية ؛ ولكنه لم
يكسب الى صفه الا واحدا من هؤلاء المعارضين هو الأب
الجيرويتى بارديس الفرنسى .

وكان لهذا الجدل أثره الحاد على شخصية نيوتن ؛ فاقسم
أنه لن ينشر كشفه الأخرى ، وكتب خطايا الى ليبنتز يقول
فيه : « لقد آلمنى هذا الجدل الذى امتشرى نتيجة نشرى
لنظريتي عن الضوء حتى لقد أنبت نفسى على كونى قد فرطت
فى نعمة الهدوء من أجل الجرى وراء مجرد خيال . أو ظل » .

ولكنه مع ذلك استمر ينشر بحوثه فقد كان يهدف الى الحصول على تقدير الأوساط العلمية . ولم يتوان أعداؤه عن الاشارة الى هذا الازدواج فى شخصية نيوتن ، وكتب الفلكي جون فلامستيد ، أحد معارضيه ، يصفه بأنه « شخصية خداعة تتميز بالطموح وبالرغبة فى سماع التقريرىظ . . ولكنها فى نفس الوقت لا تطيق المعارضة . . اننى أعتقد انه رجل طيب فى أعماقه ، غير أنه شكاك بطبيعته » .

وفى كامبريدج ، كان نيوتن مثالا للأستاذ الشارد الذهن . كتب كاتم سره همفرى نيوتن (ليس بينهما ثمة قرابة) ، أنه « لم ير نيوتن : يروح عن نفسه بنزهة فى الهواء الطلق أو بركوب الخيل أو لعب الكرة أو غير ذلك ، فقد كان يؤمن أن كل ساعة لا يصرفها فى دراساته ساعة ضائعة » . وكثيرا ما كان يعمل حتى الثانية أو الثالثة صباحا . وكان يأكل قليلا أو ينسى تماما أن يتناول شيئا من الطعام . وعندما يذكره شخص ما بذلك يذهب الى منضدة الطعام ويتناول « قليلا من هذا أو ذاك وهو واقف » . ونادرا ما كان نيوتن يتناول غذاءه فى قاعة الكلية ، فاذا فعل ذلك « فدون أن يربط حذاءه أو يشد جواربه أو يمشط شعره أو يخلع وشاحه » . وكثيرا ما يقال « ان نيوتن كان يلقي محاضراته فى قاعة خالية بنفس الحماس الذى يلقيها به والقاعة غاصة بالطلبة » .

وبعد انتهاء الجدل المستمر بين نيوتن ومعارضيه أثر الانسحاب من أمام الرأى العام كمالا ، وخدم كليته بأن مثلها فى البرلمان واستمر فى بحوثه الخاصة فى ميادين الكيمياء

والخيمياء واللاهوت والفيزياء والرياضيات • تعرف الى ليبنتز ، معاصره العظيم ، ولكنه رفض أن يقدم اليه شيئا عن كشافه في علم الرياضيات • ومن المقرر الآن أن كلا منهما قد توصل بمفرده الى علم التفاضل والتكامل، غير أن الرجلين وأنصارهما قد تماركا بشدة حول أحقية كل منهما في هذا الكشف واتهم نيوتن ليبنتز بانتحال الملكية غيره • كان نيوتن غيوراً على ملكيته لكشافه ودراساته حتى لقد صاحب كل كشف حققه في حياته الخلاقة معركة من نوع أو آخر •

وفي عام ١٦٨٤ طرق باب نيوتن زائر كبير هو الفلكي ادموند هالي • كانت تدور في رأس هالي مشكلة متعلقة بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب • استنتج ، مع هوك ، على أساس تقارير جوهان كبلر عن حركة الكواكب ، أن قوة الجاذبية بين الشمس وأى كوكب من الكواكب ، تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما ، غير أنهما لم يتمكنوا من اثبات فكرتهما • وتقدم هالي الى نيوتن بسؤال : « ما المنحنى الذى سيتخذ مسار الكواكب اذا افترض أن الجاذبية تتناقص بما يتناسب مع مربع المسافة ؟ » • وأجاب نيوتن « لقد حسبتها » • وتبين هالي من هاتين الكلمتين أن نيوتن قد توصل الى أحد القوانين الأساسية فى الكون — قانون الجاذبية • وأراد هالي أن يطلع فوراً على الحسابات ، غير أن نيوتن لم يعثر عندئذ على مذكراته ، ولكنه وعد بأن يكتب نظرياته ووسائل البرهنة عليها • وتحت الحاح هالي المستمر أكمل الأصول لتقدمها الى الجمعية الملكية • وهكذا ولد كتاب « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات » الذى عرف منذ ذلك باسم « المبادئ » •

وقبل أن ينشر الكتاب برزت أزمة بين هوك ونيوتن بخصوص أحقية كل منهما في قانون التربيع العكسي . وهدد نيوتن بنزع الفصول الأساسية من كتابه ولكن هالي تدخل وظهر الكتاب العظيم دون أن يمس . ولا شك أن هالي قد لعب دورا كبيرا في اخراج هذا الكتاب ، فالى جانب أنه دفع نيوتن الى كتابته ، كان يراجع الكتاب على الأصول ودفع تكاليف النشر بالرغم من أنه لم يكن ثريا .

★★★

ينقسم كتاب « المبادئ » الى ثلاثة « كتب » . عرض نيوتن في الكتاب الأول قوانينه الثلاثة للحركة ودرس نتائج قوانين القوة المختلفة . وفي الكتاب الثانى درس الحركة فى أنواع السوائل المختلفة ، وكان أقل نجاحا فى ذلك اذ أدخل العلماء فى العقود التالية كثيرا من التعديلات على ما جاء فى هذا الكتاب . وفي الكتاب الثالث ناقش الجاذبية الكونية وبين كيف أن هناك قانونا واحدا للقوة يفسر سقوط الأجسام على الأرض ، كما يفسر حركة القمر وتوابع المشتري وحركة الكواكب وظاهرة المد والجزر .

وكانت إحدى المشكلات المعقدة التى جابهت نيوتن هى اثبات أن الجسم الكروى يجذب الأجسام الأخرى اليه كما لو كانت كتلته متركزة فى مركزه . بدون هذا الاثبات تظل نظرية الجاذبية بأكملها معتمدة على البدهة أكثر من اعتمادها على الحسابات المضبوطة . فاذا أخذنا مثلا الحالة البسيطة ، حالة سقوط تفاحة على الأرض - التى تكمن فيها الفكرة الأساسية للجاذبية كما يقول نيوتن - فإننا سنتساءل : « ما المسافة بين الأرض والتفاحة ؟ هنا يأتي حساب

التفاضل والتكامل • لقد اعتبر نيوتن أن الأرض مكونة من مجموعة من أحجام صغيرة جدا من المادة كل منها تجذب التفاحة حسب قانون التربيع العكسي للجاذبية • ثم جمع بعد ذلك قوى الجذب المختلفة وبين أن النتيجة النهائية مماثلة تماما للنتيجة التي يحصل عليها إذا اعتبر أن كتلة الأرض بأكملها تكمن في نقطة صغيرة في مركزها •

وما إن انتهى نيوتن من كتابه « المبادئ » حتى كان يعاني من نوع من « الانهيار العصبي » • كان يشكو من عدم قدرته على النوم ومن فقدانه « لتمامه الذهني السابق » • كان يكتب خطابات غاضبة إلى أصدقائه ثم لا يلبث أن يعتذر إليهم ؛ كتب مثلاً جون لوك يعترض بشدة على أن هذا الفيلسوف حاول أن « يقحمه في أمور نسائية » •

وفي عام ١٦٩٦ تخلى نيوتن عن حياته الأكاديمية العلمية واحتل مركز محافظ دار سك النقود ثم مديرها • غير أنه ظل يتلقى صنوف التكريم نتيجة لما حققه في ميدان العلم • وأعطى لقب فارس عام ١٧٠٥ وشغل لمدة سنتين منصب رئيس الجمعية الملكية • وفي ربيع القرن الأخير من حياته لم يقدم نيوتن إضافات هامة للعلم • قال البعض إن عبقريته الخلاقة قد احترقت ، وقال البعض الآخر انه ، وقد أقام أسس علم البصريات واخترع حساب التفاضل والتكامل ، وكشف عن نظام حركة الكون ، لم يعد أمامه ما يضيفه في ميدان العلم •

وبالرغم من أن نيوتن لم يصل إلى اكتشاف جديدة في سنيه الأخيرة إلا أن هذه السنين لم تكن مجدبة وخالية من

الأفكار . لقد كان شهيرا ومكرما وبلغ درجة من الأمان تسمح له بأن يتأمل فى بعض المشاكل العلمية ويقدم للناس تأملاته . قدم عديدا من الفروض عن « سبب » الجاذبية ، وعن طبيعة « الأثير » ، وعن حجم الوحدات التى تكون المادة ، وقوى الكهربائية والمغناطيسية ، وسبب الاستجابة المضلّة « لرغبات الإرادة » ، ومنبع الاحساسات ، وخلق العالم والمصير النهائى للإنسان . ولقد سار الكثيرون من المجريين على هدى تأملات نيوتن فى القرن الذى جاء من بعده .

كثيرا ما يوصف نيوتن بأنه فاتح «عهد التمثل» ، ولقد عبر ألكسندر بوب عن مشاعر عصره فى السطور الشهيرة التالية :

كانت الطبيعة وقوانينها تختفى فى ظلمات الليل
فخلق الله نيوتن ! وعم الضوء المكان

غير أن المرحوم اللورد كينز لفت النظر الى جانب آخر من جوانب نيوتن : سميه ورام الحصول على اجابة عن لفت الوجود ، واهتمامه البالغ بالخيمياء ، وآراء اللاهوتية غير الأرثوذكسية ، وفلسفته المبهمة ودراساته الدينية . ان كل من يقرأ كتابات نيوتن غير العلمية أو يطلع على التأملات التى نشرها فى كتابه « البصريات » بخصوص نهاية الحياة لن يرضى تماما عن سطور بوب ، ولعله سيفضل كلمات وليام وردزورث التى قال فيها عن نيوتن :

كان فى سكوته ويده منشوره
عقلا يجوب الى الأبد
بحار الفكر الغريبة وحيدا

روبرت هوك

كل من درس الفيزياء والهندسة ، لابد وان يعرف اسم روبرت هوك من دراسته لقانون هوك (الاجهاد الميكانيكى أو الاستطالة تتناسب مع الشد) . ان هذا القانون ، والنتائج التى استخلصها هوك منه ، لها أهمية كبيرة تكفى بذاتها لوضع اسمه فى مكان بارز من تاريخ العلم . غير أن هذا القانون لا يمثل الا جزءا من الأعمال التى حققها هوك ، فهو قد أسهم بشكل قيم فى كافة فروع العلم التى كانت معروفة فى عصره . لقد عبر العلماء الذين درسوا أعماله ، أو بعض جوانب منها ، عن اعجابهم الشديد بمبقريته المتعددة الجوانب وبكشوفه الواسعة المدى ، الا أن أعمال هوك ، مع ذلك ، ليست معروفة بالدرجة الكافية .

ولد روبرت هوك فى الثامن عشر من يوليو عام ١٦٣٥ فى قرية « فرشواتر » بجزيرة وايت الى جوار الشاطئ الجنوبى من انجلترا . كان أبوه يعمل كاهنا هناك ، وكان يعيش فى بيت صغير ظل قائما فى مكانه حتى بداية القرن الحالى . كان روبرت طفلا ضعيفا منذ ولادته ولم تتحسن صحته بشكل ملحوظ طوال حياته . كان يشكو الصداع ، وهو شاب صغير ، ولمله من المؤكد أن السبب فى ذلك هو التهاب مزمن فى جيبوبه الأنفية . وتدلتنا المذكرات التى كتبها فى منتصف حياته ، أنه كان فريسة لنزلات البرد

وعسر الهضم ، حتى لقد كان يسرع بتدوين أية وجبة من الطعام يستريح لها ، كما كان فريسة للدوخة والأرق والأحلام المزعجة التي تراوده عندما ينام . ولعله يجدر بنا أن نتذكر هذه الآلام المزمنة التي لازمته عندما نستمع الى اللوم الذي كان ينهال عليه نتيجة لسرعة تهيجه .

وبالإضافة الى ذلك لم يكن هوك جميل المنظر اذ يصفه معاصروه بأنه كان رقيقا منحنيا لا ترتاح العين كثيرا لرؤيته ، فمه واسع رفيع وذقنه مدبب . ويشير صامويل بيبين الى مظهر هوك في مذكراته ، بعد زيارته للجمعية الملكية في الخامس عشر من فبراير عام ١٦٦٥ ، بقوله : « كان مستر بويل حاضرا الاجتماع ، وكذلك مستر هوك الذي اعتبره من أعظم من رأيت في حياتي ، وان كان مظهره يتم عن عكس ذلك » .

وعندما بلغ هوك الثالثة عشرة من عمره مات أبوه . وتمكن الصبي بطريقة ما من أن يصير « صبيا » عند السير بيتر ليلي الرسام الشهير في لندن . غير أن روائع زيوت البويات زادت حالة الصداح لديه سوما ومرعان ما ترك هذا العمل ليذهب الى المدرسة في وست مينستر حيث حظي بتقدير ناظر المدرسة الشهير الدكتور بزبي الذي ظل صديقا له طوال حياته . كان أبوه قد ترك له مائة جنيه ، وهو مبلغ كبير القيمة اذ ذاك . وعندما بلغ هوك الثامنة عشرة من عمره التحق بجامعة أكسفورد وهو على معرفة محدودة باللاتينية والاغريقية ومبادئ الهندسة . كان قد اكتسب مهارة كبيرة في الأعمال اليدوية بالخشب والمعادن ، وكذلك في الرسم (كما وضع في الرسوم التي صنعها بعد ذلك) ،

وكان لديه من المقسدة الموسيقية القدر الذى يمكنه من الحصول على منصب عازف فى كنيسة المسيح وهى احدى كليات جامعة أكسفورد . استطاع هوك أن يمول نفسه من مرتبه كمعزف الى جانب عمله كخادم لشخص يدعى مستر جودمان -

وفى أكسفورد كانت هناك مجموعة من الشبان اللامعين الذين وجهوا اهتمامهم العميق الى العلوم التجريبية ، وكانت اذ ذاك شيئاً جديداً . كان من بينهم كرسطوفر رن وروبرت بويل اللذان كان لهما أثر كبير على مستقبل هوك . كان بويل أكبر من هوك بثمانى سنوات ، ميسور الحال ذا وضع مرموق ، فهو الابن السابع والطفل الرابع عشر لايمل كورك « العظيم » . وكان يقال فيما بعد ان بويل « أبو الكيمياء وأخو ايرل كورك » . وحوالى عام ١٦٥٥ ، وهوك مازال طالبا فى جامعة أكسفورد ، ألحقه بويل كمساعد له فى تجاربه . ويرجع الفضل الى هوك فى تصميم وصنع المضخة الهوائية التى وصفها بويل فى كتابه الأول ، بل ان كثيرا من الأدلة تشير الى أن هوك هو بالفعل صاحب «قانون بويل» .

وكان أول كتاب نشره هوك عام ١٦٦١ ، وهو كتاب صغير ، يعالج ظواهر التوتر السطحي وخاصة ظاهرة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية ، وهو لم يذهب الى حد تفسير هذه الظواهر ، غير أن كتابه يحوى ملاحظات هامة وتسرى فيه روح التجريبية بشكل واضح . لقد أدرك مثلا أن العامل الذى يدفع بالسوائل الى الارتفاع فى الأنابيب الشعرية ، هو الذى يؤدى كذلك الى أن تطفو الأجسام الصغيرة على

السطوح السائلة والى أن ترتفع العصارة فى الشجرة
والزيت فى فتيل المصباح .

وكان أول اختراع هام توصل اليه هوك هو عجلة
الضبط فى الساعة . ولقد أدى هذا الاختراع الى أول
مناقشة عنيفة من تلك المناقشات التى قدر لها أن تنفص
أغلب حياته وتسم علاقاته مع بعض معاصريه . والواقع
أن قصة هذا الاختراع غير واضحة تماما . كانت الساعات ،
قبل هوك ، تضبط بواسطة قضيب هزاز يتحرك الى هنا والى
هناك نتيجة تأثير أسنان عجلة الافلات . وكانت هذه
الساعات تنقصها الدقة حتى لقد اتخذ شكسبير من ساعات
عصره التى كانت تسمى « بيض نورمبرج » مثلا لعدم الدقة
حين قال :

المرأة ، مثل الساعة الألمانية

دائما فى التصليح ، ودائما خارج غلافها

ودائما غير مضبوطة : فهى ساعة ...

ليس ثمة شك فى أن هوك قد فكر فعلا فى استخدام
الزنبرك للتحكم فى ذبذبات عجلة الضبط فى الساعة ، وأنه
عمل على تسجيل هذا الاختراع قبل عام ١٦٦٠ . ولعله من
المحتمل أنه قد اخترع ، بعد بضع سنوات ، الزنبرك اللفاف
الذى استخدمه فيما بعد (عام ١٦٧٥) كريستيان هيوجين .
غير أن هوك فشل فى نشر هذا الاختراع على الملأ ، وفسر ذلك
الفشل فيما بعد على أنه يرجع الى خلافات برزت بينه وبين
معصديه فى عملية التسجيل . وما أن بلغت هوك أخبار
اختراع هيوجين حتى سارع بتقديم مذكرة الى الجمعية

روبرت هوك-

الملكية يطلب اعترافها بسبقه لهيوجين في هذا الاختراع ،
غير أن الجمعية لم تؤازره ، فقد كان سكرتيرها في ذلك الوقت ،
ويدعى أولدنبرج ، رجلا متآمرا أعطاه هيوجين حقوق
التسجيل لهذا الاختراع في إنجلترا - ولقد اعترف
أولدنبرج ، عدو هوك ، بأن الأخير قد « صنع بعض الساعات
من هذا النوع » قبل ١٦٧٥ ، غير أنه ذكر أن هذه الساعات
لم تعمل - وأنى له بمعرفة هل كانت تلك الساعات تعمل.
أم لا !!

وفيما يلي تلخيص قدمه الحجة الانجليزي أ - د - هول ،
الذي درس موضوع اختراعات هوك لضبط الوقت دراسة
محقة : « لا يسمنا الا أن نمجب بروعة هوك عندما ينطلق
متعمقا الى قلب المصاعب : ان المنوسة (★) وميزان الضبط
المستقل ، ومعوق الافلات ، كلها بمثابة الكشفوف الأولى
الناجحة لضبط الوقت - وان هوك صاحب الفضل فيها ،
نقد كشفها وقدمها ، بشكل فج حقا ، ولكنه واضح ومبدع -
ولو أن كشفوفه تضمنت وسيلة لتمويض الارتفاع أو
الانخفاض في درجة الحرارة ، اذن لكان قد قدم لنا كافة
المبادئ الأساسية في ضبط الوقت » - وكثيرا ما يقال ان
الفضل يرجع الى هوك في اختراع مرسة الافلات للساعات.
ذات البندول ، غير أن الأدلة التي تمضد هذا الرأي ليست
كافية - والواقع أن ما فعله هوك بصدد هذه القصة ، قصة
الساعة - قدرته المميقة الشاملة على حل المشاكل الرئيسية ،
وتسمره ، وجوانب النقص في تسجيلاته - يعتبر مثالا لما
يتصف به أغلب أعماله .

★★★

(★) هي أداة للاحتفاظ بتناسق حركة البندول - (المترجم)

. وفى عام ١٦٦٢ ، عندما صار للجمعية الملكية ميثاقها الخاص ، قررت تعيين هوك وكيلها . كانت مهمته أن يقدم للجمعية فى كل اجتماع لها « ثلاث أو أربع تجارب هامة » . وكانت الجمعية تجتمع مرة كل أسبوع ! ولقد تمكن هوك حقا من تقديم عدد كبير من التجارب المختلفة التى كان أغلبها من ابداعه . وظل هوك لا يقبض مليما واحدا عن هذا العمل لمدة عامين كان عليه خلالهما أن يدين شئونه بوسيلة أو بأخرى . ومن المؤكد أنه كان مشغولا بشكل قاس فى ذلك الحين . وفى عام ١٦٦٥ أصدر كتابه العظيم « الصور الميكروسكوبية » ، وهو يكفى ، فى حد ذاته ، لوضع هوك بين رجال العلم البارزين . ويقول بيبيس ، وهو ليس من رجال العلم ، ولكنه من رجال الفكر البارزين الذين يعتقد برأيهم : انه ظل حتى الثانية صباحا يطلع على هذا « الكتاب المبدع الذى لم تقع عينائى على ما هو أروع منه » . وكان لهذا الكتاب أثر هام فى الدوائر العلمية سواء فى انجلترا أو فى القارة ، وأكد أهمية هوك العلمية وعزز اسمه بين العلماء .

والواقع أن هذا الكتاب يضع هوك ضمن مؤسسى الدراسات الميكروسكوبية فى علم الحياة ، مع أنطون فان لويتهوك ومارشيلو والبيجى ونهميا جرو . وصف هوك فى هذا الكتاب أول ميكروسكوب مركب يمكن استخدامه عمليا ، ويتركب من عدسة شبيثة نصف دائرية وعدسة عينية كبيرة مستوية من جانب ومحدبة من جانب آخر ، ولا يستخدم منها الا المركز . ويمكن وضع عدسة ثالثة فى أعلى الأنبوبة الأسطوانية لاستخدامها كعدسة ميدان ، غير أن هوك لم يكن يستخدم هذه العدسة الا اذا أراد أن يرى قطاعا

كبيرا من الشيء مرة واحدة . وكان هوك يضبط الرؤية بواسطة مسمار متحرك يرتبط بالعينية . ولقد ناقش هوك نقائص هذا الميكروسكوب بشكل عميق واقترح فيما بعد استخدام عدسة شبيئية منقوسة .

وتتضح روعة هذا الجهاز وعبقريته ومهارة هوك في اللوحات التي رسم فيها حوالي ٦٠ شيئا ميكروسكوبيا . ان هذه اللوحات تكشف عن عدد من الكشوف الأساسية في عالم الحياة ، فقد وصف ، مثلا ، العين المركبة للذبابة ، وشاهد أطوار نمو يرقة البعوض ، ووصف تركيب ريش الطيور بشكل ظل المرجع الرئيسي خلال مائتي عام . وتدعو رسومه عن القملة والمنة والبرغوث (وهي مكبرة إلى طول حوالي ١٦ بوصة) ، إلى العجب من حيث الدقة والتفاصيل الواردة فيها . كما قدم ملاحظات مبدعة عن الفطريات وأبرة النحلة وغيرها . وعندما وصف تركيب الفلين ، استخدم كلمة « الخلية » لأول مرة بالمعنى البيولوجي . ولم يوجه هوك ميكروسكوبه إلى الكائنات الحية فحسب ، بل وجهه أيضا إلى الجماد . كان أول من استخدمه لدراسة المعادن ، مثل طرف الدبوس وحافة المومي والكرات الصغيرة من الصلب التي حصل عليها بضرب الصلب بحجر الصوان ، كما شاهد بلورات الشليخ الجميلة ورسمها .

★★★

كان هوك اذن ، رائدا كبيرا في ميدان الدراسات الميكروسكوبية ، مشهودا له بالأصالة سواء في تصميم هذه الأجهزة وما يتصل بها من أجزاء ، أم في استخدامها لرؤية الأشياء الصغيرة وتفسير ما رأى . غير أن كتابه « الصور

الميكروسكوبية « لم يكن قاصرا على هذه الدراسات ، بالرغم من اسمه ، فقد جاءت به أعمال هامة في كثير من فروع العلم . لقد وصف هوك في هذا الكتاب أول جهاز لقياس الانكسار للسوائل ، وأول بارومتر دائري ، وترموترا مقفلا ومليئا بالكحول ، ومرطابا يقيس رطوبة الجو باستخدام ساق نبات الشوفان البرى التى تختلف درجة انتوائها باختلاف نسبة الرطوبة فى الجو . وكان هوك أول من اقترح اتخاذ نقطة تجمد الماء كدرجة الصفر ، « الماء العادى المقطر الذى يبرد حتى يدا فى التجمد والتندف » ، كما صنع نماذج لكافة أجهزة الارصاد الجوية التى تستخدم الآن ، تقريبا ، مقياس سرعة انهوم ، جهاز قياس ذاتى للأمطار ، « وساعة جوية » تسجل بشكل آلى قياسات الأجهزة المختلفة بعلامات على أشرطة من الورق . ولقد شهد أعضاء الجمعية الملكية هذه الساعة وهى تعمل ، غير أنها كثيرا ما كان يصيبها العطل .

ولا شك أن هوك يعتبر واضع أسس علم الأرصاد الجوية ، اذ كان أول من أشار بوضوح الى أن الانخفاض السريع فى الضغط الجوى ينبئ بقيام العواصف ، وكان أول من فسر دورة الغلاف الجوى حول القطب . وأول من فسر الأحوال الجوية على أساس قوى فيزيائية تتحكم فيها الاشعاعات المنبعثة من الشمس وحركة دوران الأرض . وتمكن من وضع جدول لتسجيل الأرصاد الجوية بطريقة منتظمة .

ولا يتضمن كتاب « الصور الميكروسكوبية » نظريات هوك عن الأحوال الجوية ، غير أنه يتضمن كثيرا من الكشوف

الهاما الأخرى والاقتراحات النظرية ، التي لم يتتبها الى نتائجها الطبيعية . لقد أثبت ، عن طريق عدد من التجارب الرائعة ، ان التمدد الحرارى صفة من صفات كافة السوائل والأجسام الصلبة ، وقدم ، بوضوح ، النظرية الميكانيكية للحرارة قائلا ان الحرارة « ما هى الا تهيج فجائى شديد لأجزاء من الجسم » . ولكى يعضد هذه الفكرة أوضح أن الاحتكاك الميكانيكى يؤدى الى انبعاث الحرارة وأن الشرارات المتطايرة من الصلب عبارة عن جسيمات كروية من المعدن - الشئ الذى يثبت أنها فى حالة انصهار . وبين أن الخشب المسخن فى أنية مقفلة لا يحترق اذا كان بمعزل عن الهواء ، ووصل من ذلك الى وضع النظرية القائلة بأن الأجسام القابلة للاحتراق انما تحترق لأن الهواء يحتوى على مادة « ذائبة » فيه « تشابه المادة الموجودة فى ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ؛ ولكنها ليست هى نفسها تماما » (أى مادة الأكسجين) ، وان هذه المادة تستهلك فى عملية الاحتراق بحيث يتطلب الأمر امدادا مستمرا من الهواء (ولقد أخذ الكيميائى الانجليزى جون مايو هذه الفكرة دون أن يشير الى هوك) . وكذلك كانت ملاحظات هوك عن ظاهرة التنفس تمكس عمقا كبيرا فى تفكيره . والواقع أن ادراكنا لعبقرية هوك يتطلب منا أن نقرأ آراء الآخرين فى عصره عن هذه المواضيع .

وعندما فحص هوك بلورات الكوارتز فى حجر الصوان قال بأن التركيب البلورى ظاهرة عامة لمختلف المواد وبالذات الأملاح والمعادن ، ثم استخدم بعد ذلك رصاصات كروية لعمل نماذج للبلورات تبدو وكأنها نماذج خديثة . ومن

المهم ان نشير الى أنه ذكر أن الصغور الملحية « تتكون من كرات في وضع تكعيبي » .

★★★

ولاحظ هوك ألوان الرقائق الرفيعة - مثل رقائق الميكا أو الهواء المحصور بين لوحين زجاجيين أو فقاعات الصابون - واستنتج بجرأة أن هذه الألوان ناجمة عن فعل الضوء المنعكس من سطح الرقيقة وظهرها . ووضع نظرية عن الضوء مؤداها ان الضوء ناجم عن ذبذبات سريعة للجسم المضئ وأن الموجات الناتجة تحمل على ظهر الأثير الموجود في كل مكان . ولا شك أن جوانب كثيرة لنظريته الخاصة بالضوء والألوان غير واضحة ، غير أن تأملاته هذه تحوي كثيرا من الحقائق . انه لم يكتب في هذه النظرية سوى بضع صفحات غير أن أسحاق نيوتن ، كما نعلم ، قرأ هذه الصفحات بدقة كبيرة .

وينتهي كتاب « الصور الميكروسكوبية » ببضع صفحات عن مواضيع فلكية ، وهو شيء غير منتظر في كتاب عن الصور الميكروسكوبية . لقد أشار هوك ، لأول مرة ، الى التأثير الانكساري للغلاف الجوي على الضوء الذي يصلنا من الأجرام السماوية . وكذلك ذكر تجربتين قام بهما لمعرفة كيف تتكون البراكين على القمر . أطلق في الأولى قذائف على مزيج من الطمي والماء ، ولاحظ في الثانية كيف تنبعث الفقائيع من سطح الألباستر المصحون المندى عندما يقف غليانه . لقد حصل في الحاليتين على حفر تماثل في شكلها البراكين التي تتكون من سقوط بعض الشهب على سطح القمر ، أو من انطلاقات بركانية من داخله .

ان هذا الكتاب الرائع الذى كتبه شاب لم يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره . يصور لنا عقلا تنطلق منه الأفكار الجديدة المذهلة فى صحتها عن كل جوانب العلم كما تصور لنا ذهنًا تجريبيًا رائعًا ، وعندما نشر هذا الكتاب كانت تجرى أحداث هامة سواء فى انجلترا أو فى حياة هوك . أدى انتشار انطاعون فى عام ١٦٦٥ والحرائق الهائلة فى عام ١٦٦٦ إلى تدمير جزء كبير من لندن والحياة فيها . ومرعان ما تصدى هوك لمساعدة صديقه كرسطوفر رن فى إعادة بناء المدينة . عين هوك ملاحظًا للمدينة ، ولعل هذه أول مرة يتخلص فيها من مشاكله المالية . وما ان مر أسبوع على انتهاء الحرائق حتى وضع هوك أمام الجمعية الملكية نموذجًا لإعادة بناء لندن على أساس مربع ، ولقد طبقت نيويورك مثل هذا النموذج فيما بعد ! كان هوك ، بالإضافة الى كل ما تقدم مهندسًا ماهرًا ، وصمم كثيرًا من مباني لندن المعروفة .

ولم يتوقف نشاط هوك العلمى مطلقًا ، ففى عام ١٦٧٤ نشر بحثًا عرض فيه محاولة منظمة لمشاهدة تزيح الضوء المتبعث من النجوم . ولكى يقيس المسافات الزاوية بين الأجرام السماوية صمم آلة ربيع جديدة تعتبر أول آلة تلسكوبية تضبط بمسمار محوى . وكان هذا الجهاز بمثابة تقدم هائل بالنسبة للأجهزة ذات الرؤية المباشرة التى صممها معاصره هبلباس من دانزج . ويجدر بنا أن نذكر أن هوك لم يصمم هذا الجهاز الجديد أو يحسنه فحسب ، بل كان مدركًا تمامًا لمزاياه . لقد وجد بالقياسات أن قدرة العين التحليلية لا تتجاوز قوسًا قدره دقيقة واحدة ، وأن التلسكوب يزيد كثيرًا من هذه القدرة التحليلية .

كان هوك أبرز صانع للأجهزة في عصره ، ولقد وصف ، في نفس البحث ورسم تلسكوبا استوائيا يدار بالساعة ، ذلك أن أول تلسكوب من هذا النوع صنع في فرنسا بعد هوك بسبعين عاما .

وعندما يريد المرء أن يكتب عن هوك لا يسهه الا ان يكس كوما من الكشوف ، ونحن لا يمكننا أن نقدم هنا قائمة بهذه الكشوف ، غير أنه يجب علينا أن نذكر كلمة عن كتاب له ظهر عام ١٦٧٨ عرض فيه قانون هوك والاستنتاجات المستمدة منه . لقد بين أن ذبذبات جسم مرن ، حيث القوة التي تعمل على اعادته الى وضعه الأول تناسب مع زحزحة هذا الجسم ، تستغرق نفس الفترة مهما كانت درجة الذبذبة . ويعتبر هذا الكشف في غاية الأهمية . ومن هذه الدراسة للذبذبات توصل هوك الى وضع نظرية عامة ، ولو أنها فجأة بالضرورة ، عن حركة المادة مؤكدا أن حركة جسيمات المادة تفسر لنا كثيرا من الظواهر .

وفي عام ١٦٧٧ مات أولدنبرج وعين هوك سكرتيرا للجمعية الملكية . ولم يلبث أن كتب الى نيوتن يطلب منه أن يقدم للجمعية بحثا من بحوثه . كان الجدل قد استمر بين العالمين من قبل بخصوص طبيعة الضوء ، وكان أولدنبرج يوجب نار الخلاف ، غير أن خطاب هوك الآن كان وديا . وتبدلت الرسائل بين العالمين ، ولكن العداء عاد بينهما من جديد . كان هوك قد نشر في عام ١٦٧٤ القواعد الثلاث التالية : أولا ، ان كافة الأجرام السماوية لها جاذبية تتجه نحو مركزها . وثانيا ، ان كافة الأجسام تستمر في الحركة في خط مستقيم الا اذا تعرضت لجذب قوة أو أخرى .

وثالثا ، ان قوة الجذب تتناقص مع ازدياد المسافة حسب قانون لم يعرفه هوك وقتئذ . وكان نيوتن قد توصل بنفسه الى هذه النتائج ولكنه لم ينشرها أو يتحدث عنها ، الشيء الذى يؤكد أن هوك توصل اليها مستقلا عن نيوتن . وفى عام ١٦٨٠ كتب هوك الى نيوتن يسأله عن المدار الذى ستخذه الكواكب على أساس افتراض أن قوة الجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة . ولو أن هوك قد تمكن نفسه من استخلاص النتائج الرياضية لقواعده هذه بخصوص مدارات الكواكب ، لحل المشكلة العظيمة . مشكلة النظام الشمسى الذى يرجع الى نيوتن فضل حلها . كم اقترب هوك من هذا الهدف بفضل حاسته العلمية العميقة !

وعندما علم هوك أن كتاب نيوتن « الأسس » ، الذى نشر بعد ذلك بست سنوات ، يحتوى على عرض للنظام الشمسى على أساس من القواعد التى وضعها ، دون اشارة له ، تضايق كثيرا . انه لم يكن يطلب أكثر من مجرد الاشارة الى أعماله فى هذا الصدد ، غير أن نيوتن ، وكان بدوره سريع التهيج ، رد على ملاحظة هوك بعدم ذكر اسمه لا فى كتاب « الأسس » ولا فى كتاب « الظواهر الضوئية » الذى نشره بعد وفاة هوك . ان هوك الذى كانت تنقصه الكياسة ولا ينقصه الكرم يستحق من المرء كل المطف .

وفى عام ١٦٨٢ ترك هوك سكرتارية الجمعية ، ولكنه ظل يقدم بحوثه الى الجمعية فى مختلف المواضيع ، من طبيعة الذاكرة ، الى الشهب . وعندما توفيت ابنة عمه عام ١٦٨٧ ، وكانت تعيش معه لمدة سنوات ، كانت الصدمة قاسية عليه . وبعد بضع سنوات تدهورت حالته الصحية بشكل كبير ،

ولكنه ظل متمسكا بأهداب الحياة حتى عام ١٧٠٣ . وعند وفاته أقيم له جناز محترم حضره كل أعضاء الجمعية الملكية الذين كانوا في لندن اذ ذاك . غير أنه لما يدعو الى الأسف أن مكان قبر هذا الرجل التمس غير معروف .

وما ان مر عامان على وفاة هوك حتى ظهر كتاب «أعمال روبرت هوك» في مجلد واحد يبلغ حوالى ٤٠٠ ر ٠٠٠ كلمة . ولقد تم تحضير هذا الكتاب من مسوداته التى لم تنشر ، وأغلبها محاضرات . ان هذه الصفحات الرائعة التى يضمها هذا الكتاب تعطى هوك الحق فى أن يحتل مكانه بين رواد علم الجيولوجيا وعلم التطور الى جانب الميادين الأخرى . لقد أدرك أن الحفريات ان هى الا سجل للحياة القديمة على ظهر الأرض ، وأشار الى أنه فى استطاعة المرء أن يزيّف العملة أو الميدياليات أو الوثائق ، « ولكن خصائص هذه الحفريات لا يمكن أن يزيّفها أهر مزيّف فى العالم ، ولا يمكن أن يشك فى مظهرها أى فاحص غير متحيز . وبالرغم من أنه يصعب جدا قراءتها أو استخلاص التتابع الزمنى منها أو تحديد فترات الزمن التى شأهت هذه السكارة أو تلك الطفرة ، ألا أن هذا ليس مستحيلا . » . قارن بين هذه العبارات والقصص الخرافية التى كان يذكرها معاصروه عن هذه المواضع !

يستطيع المرء أن يملأ الصفحات التى يعدد فيها كشوف هوك التى يكفى واحد منها لتخليد اسمه ، والتى نسب الكثير منها الى رجال جاءوا من بعده . ولنلق نظرة على اجتماع واحد من اجتماعات الجمعية الملكية . جاء فى محضر اجتماع

٢٧ يوليو عام ١٦٨١ ما يلي : « عرض مستر هوك اختراعه الجديد عن فتحة فى التلسكوبات الطويلة يمكن أن تفتح أو تقفل كإنسان العين ، تاركة ثقباً مستديراً فى منتصف الزجاج بالحجم المطلوب . ولقد قدرت الجمعية هذا الاختراع - وعرض كذلك تجربة لآحداث الأصوات الموسيقية وغيرها من الأصوات باستخدام أسنان فى عجلات من النحاس بحيث تكون هذه الأسنان متساوية الحجم للأصوات الموسيقية ومختلفة للأصوات الأخرى » . اتنا نقابل فى هذه النسطور ، العجائب القزحى الذى يعتبر عادة من اختراعات القرن التاسع عشر ، ثم شكلاً متقدماً من الآلة الصوتية التى تعرف باسم عجلة سافارت ، نسبة إلى رجل فرنسى يرجع إليه الفضل فى اختراعها عام ١٨٢٠ . وكذلك عرض هوك فى نفس الاجتماع اختراعاً ثالثاً هو المنظار الشمسى .

ولقد أثرت أن آتجنب التوبيخ المنظم لأعمال هوك ؛ لأن القصة الزمنية تذكر لنا بشكل أوضح وأصدق كيف كانت الاختراعات والكشوف والتنبؤات تنطلق الواحد بعد الآخر من ذهن ذلك الرجل العجيب . ولقد أصاب جون وارد كبد الحقيقة عندما قال عام ١٧٤٠ : « لو أن هوك كان أكثر اتزاناً وعمد إلى استكمال كل كشف يصل إليه قبل أن ينتقل إلى كشف آخر ، لكان من المحتمل فى بعض الحالات أن يؤدى خدمات أعظم ، ولاستطاع أن يتخلص من ذلك القلق المستمر الناجم عن خوفه من أن يحصل آخرون على فضيل يستحقه هو ، مع أنهم يبنون على الأسس التى وضعها هو » .

★★★

واقعد صنع هوك المريض المجهد فى العمل الذى حسده الكثيرون وهاجمه من هم أقل منه شأنًا وخادمه البعض ،

صنع لنفسه كثيرا من الأعداء ، ولكنه مع ذلك اكتسب صداقة بعض الشخصيات البارزة في عصره مثل أستاذه يزي و جون ايفلين وتوماس سيدنهام وكريستوفر رن . وكان هوك يكن دائما أشد أنواع الاعجاب بالعالمين رن وبويل . ومع أنه كان سريع الغضب الا أنه كان شجاعا ومعتدا بنفسه وعلى استمداد تام لتقدير كل معونة أو عطف ، وسريع النفو عن أى ضرر أصابه من جانب عظماء الرجال الذين يقدرهم حق قدرهم . ولقد تمنى لـ تـ مور ، وهو يؤرخ حياة نيوتن ، لو أن ذلك العالم الكبير استطاع « وهو فى أوج شهرته ومجده أن يعبر عن تقدير اكبر وعطف أشد (لهوك) ذلك العالم الذى كان يتمتع بروح قوية وذهن متقد سجينين فى جسد مريض » .

والواقع أن هوك كان متسرعا لا صبر له مع الأغبياء ولا قدرة له على تحمل الامواج ، وهى صفات قد يتبرم بها اذا اتصف بها شخص تافه ، ولكنها لا تنقص قدر الرجل العظيم . . وصفه صديقه وناشر كتبه بالكلمات التالية : « كان هوك يتمتع بقدرة كبيرة على الحكم على خصائص الآخرين » ، وهى صفة لا تخلو من بعض المخاطر . وكانت تنقصه القدرة على الاقتراب من الناس برقة وكياسة وعلى تحليل دوافعهم واخفاء رأيه فيهم ، وهى كلها صفات هامة لنجاح الانسان فى هذا العالم ، ولعل أحد أخطائه الكبيرة أنه كان حساسا . ولا شك أننا نمتقد جميعا أن هوك كان سيلاقى معاملة أفضل لو أنه وجد فى عصرنا الحاضر . . . من يدري !

لايلاس

كان مؤرخو العلوم على حق عندما أطلقوا على الماركيز دى لايلاس اسم نيوتن فرنسا . انه استحق ذلك الاسم بفضل أعماله الضخمة فى ميكانيكا الأجرام السماوية التى توج بها جهود ثلاثة أجيال من علماء الفلك الرياضيين ، ولأنه قدم للعالم قاعدة عامة يمكن تطبيقها فى كافة ميادين علم الفيزياء . أما المؤرخون الذين اهتموا بتاريخ حياته فقد وجدوا فيه شخصا يدعو الى الاهتمام أكثر منه رجل علم ، بالرغم من أن أثر شخصيته أقل من أثره كعالم . كان شخصا يجمع كثيرا من الصفات التى امتزجت بشكل غريب . كان طموحا دون أن تنقصه المودة ، وكان لامعا ولكن لا يتورع عن سرقة أفكار غيره بكل بساطة ، وكان مرنا بحيث يصبح جمهوريا أو ملكيا كما تدهو الأحوال فى زمنه الكثير الثقلب، زمن الثورة الفرنسية .

ولد بيير سيمون دى لايلاس فى قرية بومونت - أن - أورج بمقاطعة نورماندى التى تطل على القناة الانجليزية فى الثالث والعشرين من مارس عام ١٧٤٩ . أما الحقائق المتعلقة بحياته ، وخاصة الفترات الأولى منها ، فقليلة ومتباينة ، ذلك أن أغلب الوثائق الأصلية التى تتناول تاريخ

حياته احترقت خلال الحريق الذى دمر قصر حفيده الكونت كولبرت لابلان عام ١٩٢٥ ، كما فقد جزء آخر خلال الحرب العالمية الثانية عند القاء القنابل على مدينة كان . ولقد انتشرت آرام كثيرة خاطئة حول حياة لابلان كالقول ان أباه كان فلاحا فقيرا ، وان بمض جيرانه الأثرياء هم الذين تكفلوا بتعليمه ، وانه حاول اخفاء «نشأته المتواضعة» بعد أن صار شهيرا . وتدل البحوث الحديثة التى قام بها عالم الرياضة السير ادمون ويتاكر أنه مهما كانت الأسباب التى دعت لابلان الى تحفظه عند الحديث عن طفولته ، فان فقر والديه ليس سببا منها ، فقد كان أبوه يملك ضيعة صغيرة ، وكان يعمل رئيسا فى إحدى الأبراشيات ، وكانت أسرته من « بورجوازية الأرض الميسورة الحال » . كان أحد أعمامه جراحا والعم الآخر قسيسا . ويقال ان هذا العم القسيس الذى كان يعمل مدرسا فى الدير البندكتى فى بومونت قد أثار فى الصبى حب الرياضيات . ولقد اعتقد الناس لفترة من الزمن أن لابلان سيسير على نهج عمه ويصبح قسيسا ، غير أن الفتى أظهر كفاءاته الرياضية فى جامعة كان التى دخلها وعمره لم يتجاوز السادسة عشرة . لقد كتب فى هذه السن بحثا عن علم التفاضل والتكامل للفروق المتناهية فى الصغر ونشره فى مجلة علمية كان يشرف عليها جوزيف لويس لاجرانج ، العالم الرياضى الكبير ، الذى كان يكبر لابلان بثلاثة عشر عاما والذى تعاون معه فيما بعد .

★★★

وما ان بلغ لابلان الثامنة عشرة من عمره حتى شد الرحال الى باريس وهو يحمل خطابات توصية حارة الى جين

لوروند دلامبير أبرز عالم فرنسى فى الرياضيات • ولكن دلامبير تجاهل هذه التوصيات • ولم يفت ذلك فى عضد لابلاس فأرسل الى العالم الكبير رسالة تضم بحثا عن القواعد العامة للميكانيكا • وكان لهذه الرسالة أكبر الأثر على العالم الكبير الذى أرسل فى طلب الشاب المبكر النضج وقاله له : « يا أيها السيد ، أنت ترى بأننى لا ألقى بالآلى التوصيات • والواقع أنك لست فى حاجة الى توصية • لقد عبرت عن كفاءتك وهذا يكفينى ، اننى سأقف الى جانبك » • وسرعان ما كفّل له دلامبير مركز أستاذ الرياضيات فى مدرسة باريس العسكرية •

وشق لابلاس طريقه بسرعة ، وبشكل رائع • قدم الى أكاديمية العلوم بحثا ورام بحث مستخدما قدرته الرياضية الهائلة فى حل المشكلات المتعلقة بنظرية دوران الكواكب • ولقد علق أحد علماء الأكاديمية على ذلك بقوله : « اننا لم نر شأبا يقدم فى هذا الوقت القصير هذا العدد الكبير من البحوث المتعلقة بمشاكل صعبة ومتعددة الجوانب مثل لابلاس » •

★★★

وكانت احدى المشكلات التى جرّو لابلاس على التعرض لها هى « الرجوع » فى حركة الكواكب • كان معروفا منذ زمن طويل أن الكواكب لا تتحرك بشكل منتظم ، فقد أشار الفلكى الانجليزى ادمون هالى ، مثلا ، الى أن كوكبى المشترى وزحل يتأخر أحدهما عن الآخر ، خلال الأجيال ، ثم يعود فيسبقه وكأن بينهما نوعا من السباق يحتلان فيه أماكن غير أماكن المنتظرة • كان استخدام نظرية نيوتن عن الجاذبية

لتفسير سلوك الكواكب وتوابعها أمرا يتضمن كثيرا من
المصاعب المخيفة . وحتى اليوم لم يتوصل العلم الى حل
مشكلة سلوك ثلاثة أجسام تتجاذب فيما بينها حسب قانون
التربيع العكسي . غير أن ذلك لم يمنع لابلاس من معالجة
موضوع أعقد ، وهو تجاذب كافة الكواكب فيما بينها وبين
الشمس .

كان نيوتن يخشى أن يؤدي هذا التسابق المقلق بين
الكواكب بعد زمن أو آخر الى فساد النظام الشمسي وإلى
ضرورة تدخل القوة العاقلة لحفظ النظام فيها . ولكن
لابلاس رأى أن يبحث عن الأمان في مكان آخر ؛ ففى بحث
له ، وصف بأنه « أروع بحث قدم للجمعية العلمية » ، بين
لابلاس أن هذا الرجوع في حركة الكواكب لا يتراكم ،
ولكنه يحدث بصفة دورية ، ثم عكف بعد ذلك على وضع
قاعدة عامة تتعلق بهذه الذبذبات وذلك النظام الشمسي
بأكمله ، فما دام قد أوضح أن هذا الفساد في الآلة يعود
فيصح نفسه تدريجيا - مثل عملية الشفاء الذاتي في المجال
الفسولوجي التي سماها والتر كانون « اتزان الجسم » -
فانه يكون بذلك قد أمن بشكل معقول مستقبل الآلة الكونية
ومستقبل الزائر العرصى لها ، وهو الانسان . أما اذا كانت
هذه الذبذبات تتراكم وكل ذبذبة تمهد السبيل الى أخرى
أقوى منها ، فلا محيص من حدوث كارثة بعد وقت أو آخر .
لقد قدم لابلاس حلا نظريا يبدو أنه يتفق مع المشاهدات ،
كما أوضح أن كارثة ما لن تصيب النظام الشمسي وأن هذه
التفجرات التي تحدث فيه « تكرر نفسها في فترات منتظمة
ولا تتعدى قدرا معتدلا » . أما الفترات ذاتها فطويلة جدا ،

وأما الذبذبات فكانها ذبذبات « بندول الخلود الضخم الذى يمد العصور كما يمد بندولنا الثوانى والدقائق » .

ان نظريات لابلاس كانت بمثابة درع الأمان لحسن سير آلة الكون النجومية ؛ أما التخبط وعدم النظام المشاهد فهو شئ ثانوى يصبح تلقائيا بحيث لا يهدد دوران الآلة ككل . والواقع أن لابلاس اعتبر هذه الحركات الشاذة كنعمة لعالم الفلك ، اذ جاء بكتابه « حركة الأجرام السماوية » : « ان الحركة غير المنتظمة لهذين الكوكبين كانت تبدو أول الأمر ولا تفسير لها من وجهة نظر قانون الجاذبية العام ، أما الآن فان هذه الحركة ذاتها تعتبر أحد الأدلة الرائعة على سلامته . هذه صورة مميزة للنظام الحق للطبيعة ، كل صعوبة تبرز أمام هذا الكشف الرائع تمود فتصبح دعامة من الدعائم القوية التى تبرز على » .

غير أن هناك نقطتين يجدر بنا أن نذكرهما فى هذا المجال : أما النقطة الأولى فهي أن الحل الذى توصل اليه لابلاس لم يثبت بشكل كامل ثبات النظام الشمسى . ان هذا الحل ينطبق على نظام شمسى مثالى لا يلعب فيه الاحتكاك المدى أو أية قوى أخرى دورا ما . ونحن نعرف الآن ، ما كانوا يجهلونه وقت لابلاس ، أن الأرض جسم غير صلد وعرضة لتغيير شكله نتيجة للاحتكاك المدى الذى يعمل بمثابة فرملة تعوق حركة الأرض . ولا جدال فى أن هذا الأثر طفيف غير أنه يعمل دائما فى نفس الاتجاه . والنتيجة أننا لا نستطيع القول ، مثل لابلاس ، ان الطبيعة قد نظمت العمل فى الآلة النجومية « بحيث تخلد الى الأبد على نفس

الأسس التي تشود بروعة على الأرض والتي تؤدي إلى حفظ الأفراد وإلى استمرار النوع » .

وأما النقطة الثانية فتتعلق باخفاء لابلاس ما يدين به للعالم لاجرانج . ان كل ما حققه لابلاس ، تقريباً ، في ميدان علم الفلك الفيزيائي يرجع جزء من الفضل فيه إلى كشف لاجرانج الرياضية العميقة . ومن الصعب في كثير من الأحيان الفصل بين ما أسهم به كل منهما . كان لاجرانج رياضياً كبيراً ، وكان لابلاس ، الذي يرى في الرياضيات وسيلة للوصول إلى أهدافه ، عالماً في ميدان الفلك والفيزياء الرياضية . وفي حين عائب الكثيرون لابلاس بشكل عنيف على إهماله الإشارة إلى ما أسهم به لاجرانج ، إلا أن لاجرانج نفسه بروحه الملائكية لم يفعل ذلك ، وظل عالمان على علاقة طيبة بشكل مستمر .

ظهر كتاب لابلاس « حركة الأجرام السماوية » في خمسة أجزاء كبيرة بين عامي ١٧٩٩ ، ١٨٢٥ . ويصف لابلاس المواضيع التي عالجها الكتاب بالكلمات التالية :

« قدمنا في الجزء الأول من هذا الكتاب القواعد العامة لحركة الأجسام وتوازنها . ولقد أدى بنا تطبيق هذه القواعد على حركة الأجرام السماوية ، دون ما حاجة إلى اللجوء إلى التدليل الرياضي ، وبدون أية نظريات افتراضية ، إلى الوصول إلى قانون التجاذب العام ، واثـر الجاذبية وحركة القذائف ، فهذه كلها حالات خاصة من القانون . وتناولنا بعد ذلك نظاماً من الأجسام يخضع لهذا القانون الطبيعي العظيم ، وتوصلنا عن طريق تحليل هذا النظام ، إلى التمييز

بشكل عام عن حركة هذه الأجسام ، وشكلها ، وذنبها السوائل التي تغطيها . ومن ذلك التعبير استنتجنا كافة الظواهر المبروفة من المد والجزر ، وتباين درجات وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وتقدم الاعتدالين ، وتحرير القمر ، وشكل دوران حلقات زحل . كما أثّرنا للسبب الذي يجعل هذه الحلقات تظل دائما في مستوى خط الاستواء بزحل . وإلى جانب ذلك استنتجنا من نفس نظرية الجاذبية ، المعادلات الأساسية لحركة الكواكب ، وبالذات كوكبي المشتري وزحل اللذين تبلغ فترة عدم التساوى بينهما أكثر من ٩٠٠ عام .

★★★

ويعتبر الرياضيون أن هذا الكتاب جدير بالتخليد . كما يقال ان عالم الرياضة الأيرلندي وليم رومان هاملتون قد بدأ حياته كعالم رياضى باكتشاف خطأ ورد فى هذا الكتاب . واستخلص منه العالم الرياضى الانجليزى جورج جرين نظرية رياضية للكهربائية . ولعل أعظم ما أسهم به لابلاس فى هذا الكتاب هو معادلاته الشهيرة :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{d^2z}{dt^2} = \text{صفر}$$

وهذا التعبير انما هو معادلة مجال يمكن أن تستخدم لوصف ما يحدث عند لحظة معينة فى كل نقطة من نقاط مجال ناجم من وجود كتلة جاذبة ، أو شحنة كهربية ، أو سريان سائل أو ما الى ذلك . ويكلمات أخرى، ان هذه المعادلة تعالج قيمة كمية فيزيائية ، هى الجهد ، خلال متصل كامل . وأما معامل الجهد «ى» الذى وضع أول الأمر كمجرد كمية

رياضية ، فقد اكتسب فيما بعد معنى فيزيائيا . والفرق بين قيم معامل الجهد عند نقطتين مختلفتين في المجال ، يقيس كمية الشغل المطلوبة لتحريك وحدة من وحدات المادة من إحدى هذه النقط إلى الأخرى ، كما يقيس معدل تغير الجهد في أى اتجاه ، والقوة التي تعمل في ذلك الاتجاه .

وإذا أعطينا «ى» معانى مختلفة (مثل درجة الحرارة ، أو سرعة الجهد أو غير ذلك) ، فإن المعادلة تجد لها مجالا واسعا فى التطبيق سواء فى نظريات الكهربية الاستاتيكية أو الجاذبية أو الديناميكية المائية أو المغناطيسية أو الضوء أو الصوت أو توصيل الحرارة . وفى ميدان الديناميكية المائية حيث «ى» هى سرعة الجهد (مربع المسافة مقسوما على الزمن) ، فإن معدل تغير الجهد يعتبر مقياسا لسرعة السائل . وتنطبق المعادلة على السوائل غير القابلة للانضغاط أو الفئام ؛ فإذا خرجت كمية من السائل من حجم صغير تعادل الكمية التى تدخل فى هذا الحجم ، فإن دالة الجهد تساير معادلة لا بلاس . والتفسير المبسط لكون هذه المعادلة تلعب دورها لحل كافة المشاكل الفيزيائية ، تقريبا ، هو أنها تصف الاقتصاد الذى يميز أنواع السلوك الطبيعية - « ميل عام نحو التجانس بحيث تتجه كافة الفوارق المحلية إلى التلاشى » . فإذا سخنا ، مثلا ، قضيبا معدنيا عند أحد طرفيه ، فإن درجة الحرارة ستتجه إلى أن تصبح متجانسة فى القضيب بأكمله ، وإذا وضعنا مادة مذابة فى سائل فإن هذه المادة ستعمل على أن تنتشر بشكل متجانس فى هذا السائل .



ويتضمن كتاب « حركة الأجرام السماوية » من الصعوبة ما يتناسب مع حجمه الكبير . إلا أن لا بلاس لم يكن

متساهلا مع القارئ ، كان يقفز ثغرات كبيرة باستخدام هذه العبارة المزعجة - « من السهل أن نرى » - ويعلق عالم الرياضيات والفلكي الأمريكي ناتانيل بوديتش ، الذى ترجم أربعة أجزاء من الكتاب الى اللغة الانجليزية ، يعلق على ذلك قائلا : انه ما أن يقابل هذه العبارة « من السهل أن نرى » ، حتى « أشعر بيقين أن أمامى ساعات من العمل المضنى حتى أساير لابلاس فى تدليله » بل ان لابلاس ذاته عندما يرغب فى عرض بعض تدليلاته الرياضية يمترف بأنه « نيس من السهل أن يرى » كيف يمكن الوصول إلى نتائجه - ولا شك أن هذا الأسلوب ينقصه التواضع، بل وينقصه بعض الشرف، ذلك أن أنيس ماري كلارك مؤرخة الفلك الشهيرة تقول : « ان نظريات ومعادلات بأكملها ينتزعها لابلاس من أصحابها دون أن يشير اليهم أية اشارة ، وينسب الى نفسه نتائج الجهود التى استغرقت قرنا من العمل الصبور المضنى » - وكذلك يشير اريك تمبل بل المتخصص فى الكتابة عن حياة العلماء أن لابلاس لم يكن يتورع عن « السرقة من اليمين ومن اليسار، بجرأة تامة ، انه يضع يديه بكل بساطة على كل ما يستطيع استخدامه من أعمال معاصريه ومن سبقوه » .

وفى عام ١٧٩٦ كتب لابلاس « عرض لنظام العالم » ، كتبه مبسطا فى ميسور القارئ الذى لم يتمكن من متابعة كتاب « حركة الأجرام السماوية » - والواقع أن هذا الكتاب المبسط يعتبر مع أروع الكتب الشعبية التى ظهرت عن الفلك - فى هذا الكتاب الرائع عرض لابلاس نظريته السديمية الشهيرة (التى سبقه اليها ايمانويل كانت عام ١٧٥٥) - والفكرة الأساسية فى هذه النظرية أن النظام الشمسى تطور

من كتلة دوارة من الغاز تكثفت فتكونت الشمس، ثم انطلقت منها بعد ذلك سلسلة من الحلقات الغازية صارت الكواكب .
 وفي حين كانت هذه الكواكب في حالتها الغازية ، انطلقت منها حلقات صارت التوابع . ومنذ أن عرض كانت ولا بلاس هذه النظرية وأسهمها ترتفع تارة وتنخفض تارة أخرى .
 وتؤكد نظرية لا بلاس استحالة حركة أى عضو فى المجموعة الشمسية فى اتجاه عكسى . غير أن السير وليم هيرشل وجد ، قبل وفاة لا بلاس ، أن توابع يورانوس تسير فعلا فى اتجاه عكسى ، ثم كشفت من بعد ذلك توابع أخرى تسلك نفس السلوك . ولكن ذلك لا يمنع القول بأن هذه النظرية كانت خطوة فكرية هامة ، حتى ان الشيء الكثير من تدليلها الأساسى مازال يجد صدق . عند بعض علماء الكون الذين يسلمون بصحته فيما يتعلق بالتجمعات الفلكية الأكبر من المجموعة الشمسية .

وهناك موضوع آخر اهتم به لا بلاس بوصفه عالما رياضيا وبمبسطة للعلوم، ذلك هو نظرية الاحتمالات . ان بحثه الشامل « نظرية تحليلية للاحتتمالات » يتضمن وصفا لحساب تحليل مفيد يضمن درجة ما من المنطق على النظريات الخاصة بالأحداث الصدقية . وكان اطار هذا الحساب هو علم التوافق والتبادل الذى يمكن أن يسمى رياضيات الاحتمالات .

★★★

ويرى لا بلاس أن نظرية الاحتمالات ان هى فى الواقع الا تدليل مقبول مصاغ فى قالب الحسابات . غير أن بحثه كان يتضمن صعوبة فى الحساب لعلها تفوق الصعوبة

فى حركة الكواكب • ان أوغسطس دى مورجان غالم الرياضيات الكبير يصف هذا البحث بأنه «أصعب بحث رياضى قابلناه» انه يفوق فى صعوبته البحوث المتضمنة فى كتاب «حركة الأجرام السماوية» •

ولعل ما أسهم به لايبلاس فى مجال الاحتمالات يفوق ما أسهم به أى باحث آخر بمفرده ، غير أن لايبلاس فى كتابه «نظرية تحليلية» لم يشر أيضا الى جهود أى عالم آخر مع علماء الرياضيات الذين استفاد منهم للوصول الى نتائجه • وفى هذا الصدد يقول دى مورجان : «ان لايبلاس كان يقدم مع ذاته أفكارا أصيلة بالقدر الذى يجعل القارئ يتعجب من ذلك الرجل الذى يستطيع أن يصوغ آراء غيره بهذه البراعة ولا يتورع عن أن يسلك سبيلا فيه خطر كبير على مركزه» •

وفى بحث آخر عنوانه «بحث فلسفى عن الاحتمالات»، يعرض فيه لايبلاس مقدمة غير فنية لقنوانين الصدفة ، كتب الفقرة التالية التى تعتبر أسلم تعبير عن التفسير الحتمى للكون ، كما تعتبر رمزا لذلك العصر السعيد الملىء بالثقة الذى يفترض أنه مع الميسور وصف الماضى واكتناه المستقبل اذا عرفت لحظة واحدة من لقطات الحاضر •

«ان علينا أن نعتبر الحالة الحاضرة للكون كالأثر الناجم من حالته السابقة والسبب الذى تترتب عليه حالته المستقبلية • وإذا كان لدينا ، للحظة واحدة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من الاحاطة بكل القوى التى تملأ الحياة انعماشا والأوضاع المقابلة لكافة الكائنات التى تتكون منها

الطبيعة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من تحليل كافة هذه الحقائق ، فانه سيكون فى ميسورنا أن نضع معادلة واحدة تتضمن حركة أكبر الأجسام فى الكون وأخفها ، وعندئذ سيزول الشك ويتبلج المستقبل والماضى أمام أعيننا . وان ذهن الانسان ، الذى وصل بعلم الفلك الى الكمال ، يمس قدرًا ضئيلاً من هذا الذكاء ، ذلك أن الكشف الذى توصل اليها الانسان فى علمى الميكانيكا والهندسة ، الى جانب الجاذبية العامة ، قد مكنته من أن يعيط بماضى نظام العالم ومستقبله فى تمثيل تخيلى واحد . وعندما استخدم نفس الأسلوب فى موضوع آخر من مواضيع معارفه نجح فى أن يرجع الظواهر المشاهدة الى قوانين عامة وفى أن يتنبأ بالظواهر الأخرى التى تنجم عن ظروف بذاتها . وكافة هذه الجهود فى البحث عن الطبيعة تقرب ذهن الانسان من ذلك القدر الكبير من الذكاء الذى تحدثنا عنه ، ذلك القدر الذى سيطر دائماً بعيداً عن متناول الانسان . هذا الاتجاه الذى يميز الانسان هو الذى يجعله أرقى من الحيوانات ، والتقدم فى هذا المجال هو الذى يميز الشعوب والمصور ويمثل مجدها الحقيقى .

ولقد اشترك لابلاس مع الكيميائى الكبير أنطوان لافوازييه فى القيام بتجارب تهدف الى تحديد الحرارة النوعية لعدد من المواد ، وصمما جهازاً يسمى المسعر الثلجى ، يقيس الحرارة مع معرفة كمية الثلج التى تذوب ، وهى طريقة استخدمها من قبل الكيميائى الاسكتلندى جوزيف بلاك والألماني جوهان كارل ويلك .

وبينما ازدهر لابلاس من الناحيتين السياسية والمالية ، مات لافوازييه على حد المقصلة . عين لابلاس عام ١٧٨٤ « ممتحنا في مدرسة المدفعية الملكية » ، وهو مركز مريح أتاح له أن يمتحن طالبا يبدو عليه الذكاء ، لا يتجاوز السادسة عشرة من عمره ، اسمه نابليون بونابرت . وظلت هذه العلاقة مزدهرة فترة عشرة عشر عاما أصاب لابلاس فيها كثيرا من الفتن . وكان لابلاس يدرس الرياضيات ، مع لاجرانج ، في « معهد المعلمين » ، وصار عضوا ثم رئيسا لمكتب الأطوال ، وعاون في ادخال النظام العشري واقترح استخدام تقويم جديد قائم على بعض الحسابات الفلكية ، مساهرا في ذلك روح الاصلاح التي صاحبت الثورة .

وهناك ما يدعو الى الاعتقاد أن ظلالات مع الشك أحاطت بلابلاس خلال فترة قصيرة في أثناء الثورة ، وأعفى من لجنة الموازين والمقاييس . غير أن لابلاس تمكن من الاحتفاظ برأسه ، بل وكسب أمجادا جديدة . كان يتمتع بالقدرة على ركوب الأمواج المتلاطمة في العصر الذي كان يحيا فيه ؛ ففي ظل الجمهورية كان جمهوريا عنيفا يعلن عن « بنفسه الذي لا يخمد للملكية » ، وما ان استولى نابليون على السلطة في التاسع من نوفمبر عام ١٧٩٩ حتى ألقى لابلاس من على كاهليه ثوب الجمهورية وصار من أكثر أنصار الحاكم حماسة ، وساعده في التحضير للحملة على مصر . ولم يلبث نابليون أن كافأ لابلاس بأن أسند اليه وزارة الداخلية . وفي نفس الليلة التي عين فيها وزيرا أمر بصرف معاش قدره ألفان من الفرنكات . لأرملة العلامة المعزوف جين بيلى الذي أعدم خلال فترة الارهاب . وفي صبيحة اليوم التالى حملت

مدام لابلاس معاش ستة أشهر الى أسرة هذا « الضحية من ضحايا العصر » . كانت هذه « بداية نبيلة » ، كما يقول فرانسوا أرجوا الذى كان أحد مريدى لابلاس ، غير أنه من الصعب أن نجد عملاً نبيلاً آخر قام به لابلاس خلال عمله وزيرا ، ذلك المنصب الذى ظل يحتله لفترة ستة أسابيع فحسب . وعندما كتب نابليون مذكراته فى جزيرة سانت هيلينا علق على كفاءة لابلاس قائلاً : « كان لابلاس رجلاً ادارياً ضعيفاً يبحث عن الرقة فى كل مكان ويمزج شئون الحكومة بالأشياء المتناهية فى الصغر » . غير أن نابليون أراد أن يعطيه خاطره بعد اخراجه من الوزارة فجعل منه عضواً فى مجلس الشيوخ ، ثم رئيساً للمجلس عام ١٨٠٣ .

كم وجد المؤرخون المتعة وهم يصفون مهارة لابلاس فى الجرى مع الأرانب والصيد مع الكلاب ! ولعل مقدمات الطبقات المختلفة لكتبه أبلغ دليل على ذلك . لقد أهدى الطبعة الأولى من كتابه « نظام العالم » عام ١٧٩٦ الى مجلس الخمسمائة . وفى عام ١٨٠٢ أهدى الجزء الثالث من كتابه « حركة الأجرام السماوية » بكلمات ملؤها التقديس الى نابليون الذى حل مجلس الخمسمائة . وفى عام ١٨١٢ أهدى لابلاس الطبعة الجديدة من كتابه « نظرية تحليلية فى الاحتمالات » الى « نابليون العظيم » . وفى الطبعة التى أصدرها عام ١٨١٤ ألقى لابلاس هذا الاهداء وكتب بسدلا منه : « ان حساب الصدف كان يمكننا من أن نتنبأ ، بدرجة كبيرة من الاحتمال ، بسقوط الأباطرة الذين يحلمون بالسيطرة على العالم » . لقد جعل نابليون من لابلاس كونتاً ،

وفى ١٨١٤ مكنه هذا اللقب من أن يشترك فى إصدار القانون الذى يقضى بنفى ذلك الرجل الذى جعل منه كونتا . وعندما عادت أسرة البوربون كان لابلاس أول من تمرغ عند أقدامها ، وكانت مكافأته أن صار ماركيزا .

لم يكن لابلاس رجلا شريفا أو خبيثا ، كان يمد يد المساعدة الى كثير من العلماء الشبان . وفى مسقط رأسه فى أركوى كان يحيط نفسه بعدد من الشبان الذين يسرون على نهجه الفكرى مثل أراجو العالم فى الفلك والفيزياء وعالم الفيزياء جين بيو المعروف ببعوثه عن استقطاب الضوء ، والبارون الكسندر فون همبولدت الرحالة الألمانى وعالم الحياة الشهير ، وجوزيف جاك لوساك عالم الكيمياء والطبيعة الكبير وسيمون بواسون عالم الرياضيات اللامع . ويحكى بيو أنه جاء الى لابلاس فى أحد الأيام وقرأ عليه بحثا عن نظرية المعادلات ، وبعد أن استمع لابلاس الى البحث أخذ بيو وأخرج له «أوراقا صفراء قديمة توصل فيها الى نفس النتائج وطلب منه أن يحفظ الأمر سرا بينهما » . وهكذا ، بعد أن أراضى لابلاس ذاته طلب الى العالم الشاب أن ينشر بحثه ولا يذكر شيئا عن النتائج التى توصل اليها من قبله .

ومهما كان الاعجاب العام بمبقرية لابلاس العلمية ، فانه لم يقلل من عدم الثقة التى يشمر بها الجميع ازاءه نتيجة لسرعة تلونه السياسى . ولعل أخف معاصريه وطأة عليه كان يصنفه « بالمرونة » . وكان الجميع يقارنونه بقسيس براى الذى كان بدوره مريع التلون . كان من أتباع البابا مرتين ، وكان بروتستنتيا مرتين ، ودافع عن نفسه قائلا : « اذا

كنت قد غيرت ديانتى فاننى ظلمت وفيما لمبدئى وهو أن أحييا وأموت قسيسا لبرائى » - وكان فى وسع لابلاس أن يدافع عن نفسه بكلمات مماثلة -

أما عن حياة أسرته وعاداته الشخصية فنحن لا نعرف عنها الا القليل - يبدو ان زواج لابلاس بشارلوت دى كورتى دى رومانج ، الذى تم فى عام ١٧٨٨ ، كان زواجا موفقا - رزق لابلاس بابنة وابن يدعى اميل ترقى فى سلك الجيش حتى بلغ مرتبة الجنرال فى المدفعية - كان لابلاس فى سنه الأخيرة يمضى كثيرا من وقته فى أركوى حيث يمتلك منزلا الى جوار منزل عالم الكيمياء الكونت دى برثيلو - وهناك فى مكتبه ، حيث تطل صورة زاسين المؤلف الحبيب الى قلبه فى وجه صورة نيوتن ، كان لابلاس يواصل دراساته « بهمة لا تعرف الكلل » ، وكان يقابل « زواره البارزين الوافدين من كافة أنحاء العالم » - ومات لابلاس فى الخامس من مارس عام ١٨٢٧ قبل أن يحتفل بميد ميلاده الثامن والسبعين بمدة أيام - ولما كان مطلوبا من الرجال البارزين أن ينطقوا كلمات خالدة قبل انتقالهم الى العالم الآخر ، فقد قيل ان لابلاس أنهى حياته بهذه العبارة : « ان ما نعرفه قليل وما نجهله كثير » - غير أن دى مورجان الذى لاحظ أن هذه العبارة تكاد تماثل ما قاله نيوتن عن انحصى وشاطيء بحر المعرفة أعلن أن كلمات لابلاس الأخيرة ، كما عرفها من مصادر الثقة ، كانت : « ان الانسان يسير ورام الأشباح » -



القسم الثاني
النظام الجديد للعالم

وليام رومان هاملتون

لعسل أعظم عالم فى الرياضيات جاء بمعد نيوتن بين الشعوب الناطقة بالانجليزية هو وليام رومان هاملتون الذى ولد عام ١٨٠٥ ومات عام ١٨٦٥ . ولقد كانت شهرته تقلبات غريبة ، فعلى حين كان خلال حياته رجلا شهيرا دون أن يفهمه الناس ، خففت شهرته بمعد موته وصار معتبرا من علماء الصف الثانى ، وفى القرن العشرين بعثت شهرته من جديد وهاد محلا للاهتمام والتقدير .

أما عن أسلاف هذا العالم فليس لدينا الكثير . كان أبوه محاميا فى مدينة دبلن ، وكان هو الذى دافع عن الوطنى الايرلندى الطريد أرشيبالد هاملتون رومان ، وتمكن من إلغاء الحكم الذى صدر ضده . وعن رومان الذى كان حاضرا حفل تسميد وليام الطفل أخذ الطفل اسمه الثانى . ولم يكن أبواه هما اللذين تكفلا بتربيته ، فمتى بلغ حوالى العام من عمره أوكلا تربيته لعمه جيمس أحد رجال الكنيسة فى تريم ، وهى بلدة صغيرة تقع شمال دبلن وعلى مبعده ثلاثين ميلا منها . فى هذه البلدة عاش وليام الصغير حتى بلغ العمر الذى يؤهله لدخول الجامعة ، غير أنه كان يزور دبلن بين الفينة والفينة .

وما ان بلغ وليام الثالثة من عمره حتى كان بوسعه ان يقرأ الانجليزية بسهولة ، وفي الخامسة كان يستطيع ان يقرأ ويترجم اللاتينية والافريقية والعبرية ، وفي الثامنة اضاف الى هذه اللغات الثلاث الايطالية والفرنسية ، وقبل ان يبلغ العاشرة كان يدرس العربية والسانسكريتية . وعندما بلغ الرابعة عشرة كتب خطابا بالفارسية الى سفير فارس الذي كان في زيارة الى مدينة دبلن . ونحن لا نعلم هل يرجع الفضل في ذلك الى أسلوب عمه في التربية : او الى مواهب خاصة كان يتمتع بها .

وكان الفتى الصغير يحب الكلاسيكيات والشعر ، غير أن مركز اهتمامه ومجرى حياته تغيرا تماما وهو في الخامسة عشرة من عمره عندما قابل شخصا يدعى زيرا كوليرن ، وهو شاب أمريكي جاء دبلن ليعرض مقدراته الخارقة في الحساب السريع جدا . كتب هاملتون فيما بعد يقول : «لفترة طويلة . بعد ذلك كنت أجد متعة في القيام بحسابات طويلة في ذهني مستخرجا الجذور التربيعية والتكعيبية وكل ما يتعلق بخواص الأعداد » . وقرر وليام أن يمضى حياته في دراسة الرياضيات . قال في هذا الصدد : « ليس ثمة ما يرقى العقل أو يرفع الانسان فوق زملائه من البشر أكثر من البحوث العلمية » . من ذا الذي لا يفضل شهرة أرشميدس على شهرة القائد مارسيلاس الذي انتصر عليه ؟ . . . لقد تضافرت العقول الكبيرة في كافة العصور لبناء معبد العلم الرائع الفخم ، ونقش أسمائهم الخالدة عليه ، غير أن هذا الهيكل لم يكتمل ومازال بوسع المرء أن يضيف عمودا هنا

أو حلبة هناك وأنا لم أكد أصل الى قاعدة ذلك الهيكل ،
غير أنى أتمنى أن أصل يوما الى قمته » .

ولا نلث أن نقابل فى مذكراته اليومية عبارات مثل
« قرأت كتاب الحياة الذى وضعه نيوتن » و « بدأت فى
قراءة الأسس لنيوتن » . وعندما بلغ السادسة عشرة تعرف
على كتاب « حركة الأجرام السماوية » للابلاس . (جاء فى
مذكراته فى ذلك الوقت : « ظللنا نستيقظ ، أنا وعمى ،
لمدة أيام قبل الخامسة صباحا . ما ان تحين الخامسة حتى
يجذب عمى خيطا لديه يخترق الحائط وأربطه فى قميصى
قبل أن أنام ») . وفى عام ١٨٢٣ التحق هاملتون بكلية
ترينتى يدلى بعد أن سبقته الاشاعات الخاصة بقوام
الذهنية الفريدة ناهة اياه « بهاملتون الأعجوبة » . وفى
الكلية كان تقدمه رائعا ، سواء فى الامتحانات أم فى البحوث
الأصيلة . وعندما بلغ الحادية والعشرين من عمره ، قدم
للكاديمية الملكية الايرلندية بحثا بعنوان « نظرية عن أنظمة
الأشعة » تعتبر فى الواقع فتحا لعلم جديد هو البصريات
الرياضية .

كان هدف هاملتون فى هذا البحث أن يعيد بنام هندسة
الضوء بايجاد وسيلة موحدة لحل كل مشاكل ذلك العلم .
بدأ من القواعد المعروفة التى تقول بأن شمع الضوء يسير
دائما فى المسار الذى يستغرق أقل وقت (حسب نظرية
الموجات) أو أقل « فعل » (حسب نظرية الكريات) عندما
ينتقل من نقطة الى أخرى . ينطبق هذا القول سواء كان

المسار خطأ مستقيماً أو منحني نتيجة الانكسار . وكانت إضافة هاملتون هي اعتبار هذا الفعل (أو ذلك الزمن) كدالة لمواقع النقاط التي يسير الضوء بينها ، وتبيان ان هذه الكمية تتغير مع تغير احداثيات هذه النقاط وفق قانون أطلق عليه « قانون الفعل المتغير » . لقد أوضح هاملتون أن جميع البحوث المتعلقة بنظام من الأشعة الضوئية يمكن اختزالها الى دراسة هذه الدالة الوحيدة . وكان كشف هاملتون لهذه « الدالة المميزة » ، كما سماها ، نصراً رائعاً للمبكرة العلمية . لقد عرضه لأول مرة عندما كان في الحادية والعشرين من عمره .

وكان من نتيجة ذلك البحث أن تغيرت ظروف هاملتون تغيراً كبيراً ، ذلك أن كرسى الأستاذية في الفلك ، وكان شاغله يتقاضى مرتباً سنوياً قدره ٢٥٠ جنيهها ، ويضفى على شاغله لقب الفلكي الملكي لايرلندا ، قد صار شاغراً عام ١٨٢٦ عندما عين شاغله جون برينكلي الموقر أسقفاً لكليون . وهو المركز الذي احتله في وقت ما الفيلسوف الكبير جورج برينكلي . وانتخب هاملتون خليفة لبرينكلي بعد بضعة أشهر من تخلي الأخير عن هذا المنصب . وكان انتخاب شاب لم يتخرج بعد لاحتلال كرسى الأستاذية حدثاً غريباً أدى الى بعض النتائج العجيبة . ولندكر على سبيل المثال أن حامل لقب الفلكي الملكي يخول له أن يختبر المتقدمين لنيل جائزة القس لو ، وهي جائزة في الرياضيات يتقدم اليها الخريجون ، وهكذا كان الشاب الذي لم يتخرج بعد يختبر الخريجين في فروع الرياضيات العليا .

وعلى حين كان الجميع يقدررون الشرف الذي أسبغ على هاملتون بتعيينه في هذا الكرسى إلا أن البعض كان يرى من

الحكمة أن يرفض هاملتون هذا العرض ، ذلك لأنه كان من المؤكد أنه سينتخب بعد عام أو عامين زميلا في كلية ترينتي وهو مركز يدر له دخلا أكبر وينسج أمامه فرصا أوسع ، غير أن الدافع الأساسي الذي دفع هاملتون الى قبول العرض هو أن كرسى الفلك وظيفته أساسها البحث العلمي ، ومركز الزمالة يتطلب منه صرف جهود كنسية ، والقيام فيما بعد بواجبات المعلم والمدرس الى جانب واجبات أخرى تستغرق معظم وقته . والذي لا شك فيه أن ممدات البحث في المرصد الفلكي كانت فقيرة غاية ما يكون الفقر ، ولكن هاملتون ، والذين انتخبوه ليحتل ذلك المركز ، كانوا يهدفون الى ايجاد وضع يبسر له أن يستمر في بحوثه النظرية التي بدأها بكل روعة بذلك البحث عن « أنظمة الأشعة » .

ولقد كان على هاملتون أن يعطى سلسلة من المحاضرات في علم الفلك ، وكانت عادته أن يناقش في هذه المحاضرات العلاقة بين الفلك والعلوم الفيزيائية بشكل عام ، وكذلك العلاقة بين الفلك والميتافيزيقا وكافة ميادين الفكر المرتبطة بها . وكانت محاضراته شاعرية ومثقة بحيث جذبت ، الى جانب تلاميذه ، عديدا من الأساتذة . وعندما دار الحديث عام ١٨٣١ عن احتمال نقله الى كرسى الرياضيات ، أصر المجلس على أن يبقى كما هو ورفع مرتبه الى ٥٨٠ جنيهها في العام وسمح له بأن يكرس بحوثه في ميدان الرياضيات .



وفي عام ١٨٣٢ ، أعلن هاملتون للأكاديمية الايرلندية الملكية كشفا مهما في ميدان البصريات يعتبر امتدادا لنظريته عن أنظمة الأشعة . كان معلوما أن بعض البلورات

رجال عاشوا للعلم

ذات المحورين ، مثل التوباز والأراجونيت يعطى شعاعين منكسرين ، الأمر الذى يؤدى الى ازدواج فى الصورة . ولقد وضع أوجستين فرنزل الفرنسى قواعد الانكسار المزدوج ثم جاء هاملتون وفحص قانون فرنزل فى ضوء طريقته العامة ، واستنتج أنه فى حالات خاصة قد يسقط شعاع واحد على بلورة ذات محورين وتكون النتيجة لا شعاعين فحسب ولكن عددا لا نهائيا من الأشعة المنكسرة مكونة مخروطا ضوئيا ، وفى حالات خاصة أخرى يؤدى سقوط شعاع واحد على نفس البلورة الى تكوين مخروط ضوئى مختلف . وبناء على ذلك اقترح هاملتون ، على أساس نظرى ، قانونين جديدين للضوء أطلق عليهما الانكسار المخروطى الداخلى والانكسار المخروطى الخارجى ، وسرعان ما تحقق عالم الفيزياء همفرى لويدي فى دبلن وصديق هاملتون من هذين القانونين بشكل عملى .

وفى عام ١٨٢٤ كتب هاملتون ، ولما يبلغ التاسعة والعشرين من عمره ، الى عمه قائلا : « اننى أمل وأهدف الى إعادة بناء علم الديناميكا بأكمله ، وبأوسع معانى الكلمة ، على أساس فكرتى عن الدالة المميزة » . وانطلق بعد ذلك ليطبق هذه القاعدة على حركة مجموعة من الأجسام . وفى العام التالى عبر عن معادلات الحركة بشكل يبين الازدواج القائم بين مركبات كمية الحركة فى المجموعة الديناميكية واحداثيات موضعها . ولم يدرك علماء الفيزياء والرياضيات أهمية هذا الازدواج الا بعد أن مر قرن كامل ، وبعد أن نشأت نظرية الكم .

وفى عام ١٨٣٥ أنعم على هاملتون بلقب فارس ، وبعد عامين انتخب رئيسا للأكاديمية الملكية الايرلندية . ولكن

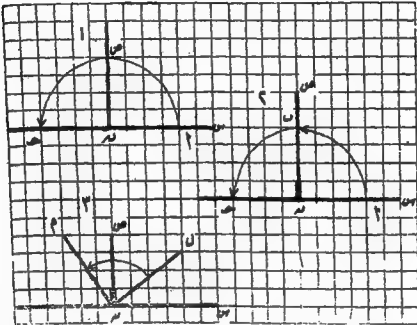
حياته الخاصة كانت أقل توفيقا . كان قد شيد لنفسه منزلا عندما عين استاذا. وأقام فيه مع ثلاث من شقيقاته ، على رابية تبعد خمسة أميال من دبلن والى جوار مرصد دنسينك . وعندما بلغ السادسة والعشرين من عمره أحب هيلين ماريا بيلى ابنة مدير سابق فى كونتى تيبيري . وعندما تقدم لخطبتها رفضت أول الأمر ، ولكنها قبلته آخر الأمر وتم الزفاف فى اليوم التاسع من أبريل عام ١٨٣٣ . ولقد كتب هاملتون خطابا الى صديق له يعبر فيه عن « خجل زوجته الشديد ورقتها » ، ذلك الخجل وتلك الرقة اللذان زادا بعد الزواج ، ورزق هاملتون بولدين وبنت خلال ست سنوات ، غير أن الزوجة لم تجد لديها القدرة على مباشرة شئون المنزل وتركت دنسينك لتميش مع أختها المتزوجة فى انجلترا . وعادت الزوجة عام ١٨٤٢ ولكن الأحوال لم تتحسن فى المنزل ، ومنذ ذلك الوقت والعالم الكبير لا يتناول وجباته فى مواعيدها المحددة ، وبدأ فى تصاطى الخمور لدرجة خطيرة .

وعندما أوليت شرف احتلال كرسى هاملتون عام ١٩٠٦ ، بمد سنتين طويلة من وفاته ، قابلت كثيرين ممن كانوا يعرفونه شخصيا . وتروى كثير من القصص عن حياته فى القرية . وفيما يلى إحدى هذه القصص الطريفة . كان العالم ، الذى تربى فى المدينة ولا يعرف من شئون الفلاحة الا النزر اليسير ، يشرف على قطعة من الأرض تبلغ ١٧ فدانا الى جوار مرصد دنسينك ، واشترى بقرة لتدر اللبن لآل منزله . وبعد فترة من الوقت بدأت كمية اللبن تقل ، وهذا أمر طبيعى جدا ، غير أن هاملتون ذهب ليستشير أحد

جبراته الفلاحين • وأجاب الفلاح بأن السبب في ذلك انما هو تلك الوحدة القاسية التي تحيط بالبقرة • وتسالم هاملتون هل من الممكن أن توجد لها رفقاء يقضون على هذه الوحدة ، ووافق الفلاح على أن يجعل مواشيه ترعى في مراعى هاملتون الفتية بعد أن تقاضى من العالم أجرا على ذلك ! •

★★★

وبالرغم من الظروف الصعبة التي كان يحيا فيها هاملتون ، فإن نشاطه العلمى لم يتوقف • وفى عام ١٨٤٣ توصل الى كشف عظيم ، هو حساب الرباعيات • توصل الى هذا الكشف بعد تفكير طويل فى مشكلة العثور على قاعدة عامة لحساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة خطوط مستقيمة عند معرفة اتجاهات هذه الخطوط • هذه المستقيمات ذات الطول المحدد والاتجاه المحدد تعرف بالمتجهات • ومن المعلوم أن أى متجه فى مستوى معين يمكن تمثيله بعدد مركب أى بعده يتكون من عددين واحد منهما حقيقى والآخر تخيلى أو $s + \sqrt{-1}$ ص (ومن المعتاد أن يعبر عن جذر - ١ ، وهو عدد تخيلى ، بالحرف i بحيث يصبح العدد السابق $s + i$ ص) • وإذا عبرنا عن الأعداد الحقيقية بمسافات تؤخذ على المحور السينى لرسم بيانى ، فإن ضرب أى عدد منها فى - ١ ، الثم الذى يؤدى الى تحويله الى نفس العدد ولكن بإشارة سالبة ، يمكن اعتباره بمثابة دوران هذا الخط خلال زاوية قدرها ١٨٠ درجة ؛ هذا على حين يعتبر ضرب العدد فى i أو جذر - ١ يعتبر بمثابة دوران الخط خلال زاوية قدرها ٩٠ درجة (انظر الرسم ص ٩١) • وعلى ذلك فإن الأعداد التخيلية تمثل على المحور الصادى ،



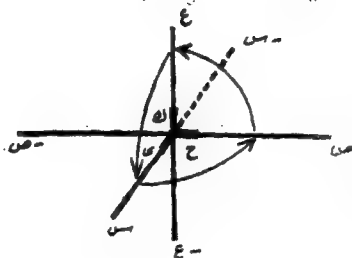
يستخدم العدد المركب ، الذى يتكون من عدد حقيقى وآخر خيالى هو جذر - ١ ، لوصف طول واتجاه مستقيم معين . وعندما تجمع الأعداد المركبة أو تطرح أو تضرب تكون العملية بمثابة عملية هندسية مثل الدوران . فى الشكل رقم (١) يضرب المستقيم ن ١ الذى يمثل العدد ٤ + ٤ فى الكمية - ١ فيتحول إلى المستقيم ن ج ا . - ٤ . هذا الضرب فى - ١ يماثل عملية دوران خلال ١٨٠ درجة . وفى الشكل رقم (٢) تتم عملية الضرب على مرحلتين أى يضرب أولا فى $\sqrt{-1}$ ثم مرة أخرى فى $\sqrt{-1}$ يكتب جذر - ١ عادة i . وعلى ذلك يمكن اعتبار الضرب فى الكمية i بمثابة دوران خلال ٩٠ درجة . يؤدي ذلك إلى ظهور فكرة قياس المسافات التخيلية على المحاور المصادى وذلك بجعل i وحدة المتجه ، على ذلك المحور . ويوضح الشكل رقم (٣) أن الضرب فى i يعد بمثابة دوران ٩٠ درجة حتى ولو كانت نقطة البدء لا تقع على المحور السينى ، فالمستقيم من نقطة ن (س = صفر ، ص = صفر) إلى نقطة ل (س = ٤ ، ص = ٣) يمكن تمثيله باستخدام الأعداد المركبة على النحو التالى : ٤ + ٣ i . فإذا ضربنا هذا العدد فى i ، فأننا سنحصل على ٤ i + ٣ أو ٣ - ٤ i . وهذا العدد الأخير يمثل المستقيم نم (س = ٣ ، ص = - ٤) ، أو دوران المستقيم نل بمقدار ٩٠ درجة .

ويمكن اعتبارى تمثّل وحدة على هذا المحور ، أو « وحدة المتجه » . ان أى متجه يمكن ، اذن ، أن يعبر عنه بعدد مركب يمكن تحليله الى خط على المحور السيني وآخر على المحور الصادي . مثل هذا المزدوج ، الذى يتكون من عددين ، تنطبق عليه قوانين الجبر التى تنطبق على العدد الواحد : فمن الممكن جمع المزدوجات وطرحها وضربها وقسمتها حسب القواعد العامة . كما يمكن حساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة متجهات فى مستوى واحد على أساس المعادلة :

$$1 : 2 : 3 = 3 : 2 : 1$$

ولقد استنتج هاملتون أنه يمكن التعبير عن المتجه فى الفراغ ذى الأبعاد الثلاثة باستخدام ثلاثة أعداد ، أو بثلاثية ، تماماً مثل التعبير عن المتجه على سطح بعددين أو بمزدوج . وفكر فى الحصول على الحد الرابع المتناسب باستخدام طريقة ضرب الثلاثيات غير أنه قابل كثيراً من المصاعب . ولقد شاركه أطفاله الآمال والقلق يوماً بعد يوم ، وكثيراً ما كان يسأله وليام ادوين (وعمره تسعة أعوام) أو أرشيبالد هنرى (وعمره ثمانية) ، وهم يتناولون طعام الافطار : « حسناً يا والدى ، هل تستطيع الآن ضرب الثلاثيات ؟ » ، فكان الأب يهز رأسه فى أمى ويجيب : « كلا ، ليس فى ميسورى سوى أن أجمعها أو أطرحها » .

وفى يوم من الأيام ، فى حين كان هاملتون يسير من ديسينك الى ديلن ، لمعت فى ذهنه فكرة كفيّلة بحل مشكلته : ان العمليات الهندسية فى الفراغات ذات الأبعاد الثلاثة ، تتطلب لوصفها رباعيات لا ثلاثيات . لكى يحدد المرء العملية اللازمة لتحويل منتج الى آخر فى الفراغ ، ينبغى معرفة أربعة



يستخدم أنجبر غير التبادلي لتمثيل العمليات الهندسية في ثلاثة أبعاد . يمثل المتجه في ثلاثة أبعاد في نظام من الاحداثيات بثلاثة محاور متعامدة على بعضها البعض (محور س يتجه الى القارئ ، ومحور ك ، ح ، ع على مستوى الورقة) باستخدام ثلاثة متجهات كل منها وحدة ك ، ح ، ع . ويعني الضرب في ك دوران ٩٠ درجة في المستوى المتعامد على متجه ك أي مستوى ح ، ع . وكذلك الضرب في ح أو ك يعطى نفس المعنى كما تفسير الأسماء . والآن يمكن أن ترى أن ضرب ك × ح يؤدي الى دوران ح الى ك ، ومن الناحية الاقرب فان ضرب ح × ك يؤدي الى دوران ك الى ح ، بحيث ان ك × ح = ح × ك ؛ ولكن ح × ك = - ك ، أي ان عملية الضرب ليست تبادلية : ك × ح لا يساوي ح × ك .

أعداد : (١) النسبة بين طولى المتجهين ، (٢) الزاوية بينهما ،
 (٣) العقدة ، وأخيرا (٤) ميل كل منهما على الآخر .
 وأطلق هاملتون على هذه الأعداد الأربعة اسم الرباعية ،
 ووجد أن فى ميسوره أن يضرب الرباعيات كما لو كانت
 أعدادا مفردة . غير أنه كشف عن أن قواعد الجبر التى
 تنطبق على الرباعيات تختلف عن قواعد الجبر العادية فى
 نقطة حاسمة هى أنها غير تبادلية . وهذه الكلمة تتطلب
 بعض التفسير . عندما نضرب 2×2 فإن الناتج يماثل
 الناتج الذى نحصل عليه إذا ضربنا 2×3 . إن قانون
 الضرب التبادلى ، كما يسمى ، يمكن تضمينه فى المساواة
 الجبرية الآتية : $a \times b = b \times a$. وهذا القانون ينطبق على
 الأعداد التخيلية بقدر ما ينطبق على الأعداد الحقيقية . غير
 أنه لا ينطبق على الرباعيات ، لأن هذه الرباعيات تصنف
 عمليات هندسية مثل الدوران . ويبين الرسم (فى الصفحة
 ٩٣) سبب ذلك . أنه يمثل ثلاثة محاور متعامدة ، يقع
 المحوران الصادى والعينى منها على مستوى الورقة ، على حين
 يتجه المحور السينى والصادى والعينى على التوالى . ويعنى
 الضرب فى حدوث عملية الدوران ضد عقرب الساعة وعلى
 سطح الورقة خلال 90° درجة . أما الضرب فى ح أو فى ك ،
 فيعنى حدوث عمليات دوران فى مستوى متعامد على سطح
 الورقة . والآن ، فإن ضرب ح \times ح يؤدى الى دوران ح حتى
 تصل الى ك ، بمعنى أن $ح \times ح = ك$. أما ضرب ح \times ح فيؤدى
 الى دوران ح حتى تصل الى - ك ، أى أن $ح \times ح = - ك$ ومن
 ثم فإن $ح \times ح$ لا تساوى ح .

وكان انكسار القانون التبادلي خروجاً كبيراً على التقاليد ، بل كان بمثابة بدء عهد جديد . وسرعان ما سرى نبأ هذا الكشف بسرعة كبيرة وأدى الى انبعاث موجة من الاهتمام في دبلن بين الكثيرين من ذوى المراكز الرفيعة ، تماثل الموجة التي ظهرت في لندن بعد ذلك عندما كشف آينشتين نظرية النسبية العامة ، وعندما دعا اللورد هالدين آينشتين لمقابلة أسقف كانتربري الكبير على القدماء : وكثيراً ما كان هاملتون يقابل الأرستقراطيين الانجليز أو الايرلنديين في الشارع فيستوقفونه قائلين : « يخفق الشيطان ، ما هذه الرباعيات ؟ » ولكي يرضيهم هاملتون نشر كتابه الطريف « خطاب الى سيدة » ، فسر فيه هذه الكلمة بقوله : « انها توجد ، مثلاً ، في الانجيل ، عندما أوكل هيرود الى بطرس الرسول مهمة قيادة أربع رباعيات من الجنود ... وإذا أخذنا مثلاً آخر أقرب اليّنا وأكثر طرافة ، فإن الكلمة وردت في قصة سكوت « جاي ماترنج » ، حيث قال سكوت ان السير روبرت هازلوود يحشو عباراته الطويلة « بالثلاثيات والرباعيات » .

ومنت ذلك الوقت حتى مات ، بعد اثنين وعشرين عاماً ، عمل هاملتون على تطوير هذا الحساب الجديد . وكان العزن والوحدة يغيمان عليه خلال الجزم الأغلب من هذه السنين ؛ فكثيراً ما كانت زوجته تمرض أو تغيب عنه . وكان يعمل طوال النهار في قاعة الغداء الموجودة بالمرصد ، حيث يحمل اليه الطاهي من وقت الى آخر شريحة من لحم الضأن . (وبعد أن مات وجدت بين أوراقه صحنون بها عظام من قطع الضأن التي كان يأكلها) .

وسرعان ما تبع كشف هاملتون كشوف أخرى جديدة في الجبر مثل نظرية المصفوفات ، وهي كذلك غير تبادلية .
انه وضع اللبئات الأولى لمدرسة رائدة في الرياضيات ،
يألفهم من أن هذه المدرسة لم تزهر وتؤت ثمارها الا بعد
نصف قرن من الزمان . أذكر أنني كنت أناقش الفريد
نورث هوايتهد عام ١٩٠٠ عن مستقبل الرباعيات ، وقواعد
الجبر غير التبادلية الأخرى ، في مجال علم الفيزياء ، وكان
رأى هوايتهد أن علم الفيزياء يمكن معالجته الآن بقواعد
الجبر العادية ، غير أنه من المحتمل أن تتفتح آفاق جديدة
في علم الفيزياء لا تنطبق فيها الا قواعد الجبر غير التبادلية .
وفي نفس ذلك العام بدأت هذه النبوءة تدخل دور التحقيق ،
ذلك أن ماكس بلانك استخدم الكلمة ه عندما بدأ في وضع
نظرية الكمات . ومن المعلوم الآن أن ه هي كمية الفعل ،
وأن الفعل كان التصور الرئيسي في نظام الديناميكا الذي
وضعه هاملتون . وهكذا بدأت تبرز أفكار هاملتون عن
الديناميكا ، وإن كان ذلك حدث ببطء كبير . وعندما نشرت
كتايب « الديناميكا التحليلية » عام ١٩٠٤ وجه الى نقد
قاس ، لأنني كرست جزءا كبيرا منه في معالجة موضوعات مثل
ازدواج عزوم الاحداثيات ، وكمية الحركة ، وغير ذلك من
الأفكار التي قدمها هاملتون . وكان النقاد يعتبرون أنها
أقرب ما تكون الى التلاعب الرياضي .

واستمر العمل الجاد بالرغم من كل شيء . وأدى كشف
نظرية النسبية الخاصة الى بروز فكرة الرباعيات ، ذلك أن
آرثر كيلى بجامعة كامبريدج كان قد أوضح منذ عام ١٨٥٤
أن الرباعيات يمكن استخدامها لتمثيل عمليات الدوران في

هاملتون وروان هاملتون

انفراغ ذى الأبعاد الأربعة ، وعبرت نتائجه بشكل جميل عن تحويل لورنز العام . وجاءت الكشوف الجديدة فأكدت مرة أخرى أهمية كمية الحركة التى تظل محفوظة بشكلها فى مختلف الأنظمة التى تتخذ أساسا ، ومن ثم فإنها أكدت دور كمية الحركة الكبيرة فى الفيزياء النسبية .

وفى نفس الوقت بدأ العاملون فى نظرية الكميات يدركون أن مفاهيم هاملتون الديناميكية يجب أن تكون أساس كافة قواعد تقدير الكميات . وفى عام ١٩٢٥ أدخل ورنر هايزنبرج وماكس بلانك وباسكال جوردان الجانب الآخر من أعمال هاملتون - الجبر غير التبادلى - فى نظرية الكميات ، وذلك بأن بينوا أن معادلات هاملتون فى الديناميكا تنطبق فى هذه النظرية بشرط أن توضع الرموز التى تمثل الاحداثيات والمزوم فى الديناميكا الكلاسيكية كمؤثرات لا تطبق قاعدة التبادل على مضروباتها .

★★★

وكان الزمن يقف الى جانب آراء هاملتون عن الازدواج بين الاحداثيات المعممة وكمية الحركة المعممة . اتضح ذلك بكل جلاء عام ١٩٢٧ عندما كشفت قاعدة عدم التحديد لهيزنبرج . وتنص هذه القاعدة على أنه كلما حددنا احداثيات أحد الجسيمات بدرجة أكبر من الدقة ، توصلنا الى معرفة كمية حركته بدقة أقل ، والعكس من ذلك . وحاصل ضرب هاتين الدرجتين من عدم التحديد يدور حول « ثابت بلانك » .

وكان المشتغفون فى ميدان ميكانيكا الكمات يميلون الى اعتبار أن نوع الجبر غير التبادلى الذى يتلاءم لأكبر درجة مع مشاكلهم هو المصفوفات أكثر مما هو الرباعيات . ولكن معادلات هاملتون الأصلية ظلت تثمر يوما بعد يوم . وما « مصفوفات اللف » التى توصل اليها ليفجانب باو ، والتى تعتمد عليها نظرية ميكانيكا الكمات عن الدورانات وكمية الحركة الزاوية ، الا وحدات هاملتون الرباعية الثلاث U, H, K . ولقد أوضح آرثر كونواى أن وسائل الرباعيات يمكن أن تستخدم عند مناقشة معادلة $\psi = 0$. ديراك الخاصة بمقدار اللف فى الالكترين ولعل معادلة هاملتون التى صاغها عام ١٩٤٣ تثبت أنها التعبير الطبيعى لعلم الفيزياء الحديث .

ج . ف . فيتزجيرالد

فى السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر ، وانا شاب صغير ، كنت أعمل كأحد سكرتيرى قسم الرياضيات والفيزياء فى الجمعية البريطانية لتطور العلوم . وهناك ، عرفت واحدا من العلماء الذين يحضرون الاجتماعات السنوية للجمعية بانتظام وأحد المتكلمين البارزين فى هذه الاجتماعات ، ذلك هو جورج فرانسيس فيتزجيرالد عالم الفيزياء البارز .

وعلى حين كنت ، أعرف جيدا علماء الرياضيات والفيزياء من كامبريدج وأكسفورد ، اذ كنت أعيش بينهم ، لم أكن أعابل العلماء الايرلنديين الا فى اجتماعات الجمعية البريطانية . (ولعله يجدر بنا أن نذكر فى هذا المجال ، ونحن نمج ، ان عددا كبيرا من علماء الرياضيات والفيزياء فى القرن التاسع عشر كان من أصل انجليزى ايرلندى . فهناك وليام رومان هاملتون وهنرى لويدي وجورج جايريل ستوكس ولورد كلفن وجورج سالمون وجوزيف لارمور وفيتزجيرالد) . كان فيتزجيرالد يثير إعجابى ، وكان وجهه يدعو الى الالتفات بلحيته المسترسلة وعينيه الثاقبتين وبهائه طلعتة . وكانت خصل شعره الرمادية تضيئ عليه جوا من الوقار بالرغم من أنه لم يكن قد تعدى الخمسين عندما مات عام ١٩٠١ . يقول أحد زملائه من غير المشتغلين بالعلم : « انه

يذكرنى بمظهر الفلاسفة الاغريق الذين لا تملك الا أن
تشعر ازاءهم بالاحترام العميق المنبعث من الاحساس
بذكائهم وشخصيتهم » .

كان أبوه هو السيد المحترم وليام فيتزجيرالد قسيس
كورك وأكثر القساوسة بروزا في الكنيسة وكانت أمه أخت
جورج جونستون ستونى ، أحد علماء الرياضيات والفيزياء
الذى يرجع اليه الفضل فى صك كلمة « الالكترون » - وتعلم
فيتزجيرالد الصغير فى المنزل - ولعله مما يدعو الى العجب أن
نلاحظ أن الكثيرين من الأطفال الذين تعلموا فى منازلهم
باشرف مدرس خاص قد نبفوا فيما بعد ، وأبرز مثل حى
على ذلك هو برتراند رسل - أما السبب فى ذلك فلست أنوى
بحسه - ولعل المتشائم يقول ان تعليم المدارس يضع
جميع التلاميذ فى المرتبة الثانية وان الضرر لا يلحق بأغلب
التلاميذ فهم ، على أية حال ، لن يتجاوزوا المرتبة الثانية .
ولا شك أن الحظ حالف فيتزجيرالد عند اختيار مدرسه
الخاص اذ لم يكن هذا المدرس سوى أخت جورج بول خالق
المنطق الرمضى .

وما ان بلغ فيتزجيرالد السادسة عشرة من عمره حتى
التحق بجامعة دبلن حيث حصل ، عام ١٨٧١ ، على درجة
ممتازة فى الرياضيات والعلوم التجريبية - وفى تلك الأيام
لم تكن هناك درجة دكتوراه ، وكانت الخطوة التالية لمن يرغب
فى متابعة دراسته أن يعمل حتى يحصل على لقب الزمالة .
وكان مفروضاً على الطالب فى دبلن ، لكى يحصل على هذا
اللقب ، أن يدرس بعمق كل أعمال الفرنسيين العظام :
جوزيف لاجرانج وبير لابلاس وسييمون بويسون

وجين فورييه ، هذا الى جانب أعمال عمالقة دبلن في ميدان الفيزياء الرياضية : هاملتون وجيمس ماك كولا ٠ وانفمس فيتزجيرالد بعمق في هذه الدراسات ، وجذبته كذلك الكتابات الميتافيزيقية للفيلسوف الايرلندي جورج بيركلي ٠ وفي عام ١٨٧٧ ، حصل على لقب الزمالة ، وفي عام ١٨٨١ انتخب أستاذا للفلسفة الطبيعية والتجريبية في جامعة دبلن ٠

★★★

وحتى ذلك الوقت لم تكن ثمة دراسة للفيزياء التطبيقية في دبلن ٠ وكان اول معمل للفيزياء يدرس فيه الطلبة العاديون التجارب العملية ، حسب ما أعلم ، في جامعة أدنبرة ، وفتحه الأستاذ ب ٠ ج ٠ تيت عام ١٨٦٨ ٠ وهذا بالرغم من أن وليام تومسون (الذي عرف فيما بعد باسم لورد كلفن) ظل ، لعدة سنوات ، يستخدم أبرز تلاميذه مساعدين له في بحوثه ٠ ولم يتقرر عمل كرسى أستاذية كافنديش في كامبريدج الا عام ١٨٧١ ٠ وما ان عين فيتزجيرالد أستاذا في دبلن حتى أقنع مجلس كلية ترينتي باعطائه معملا كيميائيا غير مستعمل ، وفي هذا المعمل بدأ اعطاء الدروس في الفيزياء التجريبية ٠

غير أن فيتزجيرالد كان عالما نظريا في المقام الأول ، وأولى اهتمامه فعلا الى الأمور النظرية ٠ لقد اهتم بمشكلة الأثير ، وقبل رأى نيوتن الشهير : « اننى أعتقد أن افتراض احتمال تأثير جسم فى آخر يبعد عنه مسافة دون أن يكون بينهما وسط ما ، بل مجرد الفراغ ٠٠٠ أمر مضحك وغير مقبول بحيث لا يمكن أن يخطر على بال شخص لديه ملكة

التفكير المتزن في الأمور الفلسفية « - كان فيتزجيرالد ، مثل ديكرات ، مقتنعا بأن الفضاء ، وحتى الفضاء بين الكواكب ، يحتله وسط يمكنه أن ينقل القوى ويؤثر على الأجسام المادية المنصورة فيه ، بالرغم من أن حواسنا لا تستطيع أن تحس بوجود ذلك الوسط . ولا بد أن يكون لهذا الوسط ، الأثير ، خصائص ميكانيكية . ولكن ، هل هي خصائص المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية ؟

كان ديكرات يرى أن هذا الأثير يتكون من جسيمات صغيرة جدا في حالة حركة مستمرة بحيث تضغط الواحدة منها على الأخرى أو تصطدم بها . وفي القرن التالي جاء العالم الفرنسي السويسري جورج لويس لوساج ليقول ، أن هذا الوسط يتكون من عدد لا نهائي من كريات تتحرك بسرعة كبيرة . وهذه الكريات صغيرة جدا لدرجة أن واحدة فقط من كل مائة تقابل أخرى خلال فترة تصل الى ملايين السنين . والأثير ، بهذا الشكل ، يماثل ، لحد أو آخر ، صورة الغاز كما تقدمها نظرية حركة الغازات . والواقع أن الفلاسفة الطبيعيين في القرنين السابع عشر والثامن عشر كانوا يتجهون الى اعتبار الأثير نوعا من الغاز يتخلل كافة الأجسام ، ويملأ الفضاء بين الكواكب ، وكانوا يشبهون انتشار الضوء الأثير بانتشار الصوت في الغاز . غير أن هذه النظرية جابهت في أوائل القرن التاسع عشر اعتراضا يستحيل تخطيه ، ذلك أن توماس يونج اكتشف عام ١٨١٧ أن ذبذبات الضوء تكون متعامدة على اتجاه الانتشار ، على حين تقع ذبذبات الصوت في اتجاه انتشاره . وهكذا تصدح التشبيه بين الصوت والضوء في خاصة أساسية . وكان لابد

من تعديل المفهوم الخاص بالآثير . وهنا جاء أوجستين فرنزل عام ١٨٢١ ليقترح أن الآثير لا يسلك سلوك الغاز ولكنه يسلك سلوك الجسم الصلب المرن ، وفسر الذبذبات المستعرضة بأنها ناجمة عن مقاومة الآثير لمحاولة تغيير شكله .

وكانت الظواهر التي أخذت مرتبطة بالآثير هي الجاذبية والضوء . غير أن هناك آثارا فزيائية أخرى يمكن أن تنتقل خلال ما يسمى بالفراغ أو الآثير مثل الكهربية والمغناطيسية . ومنذ عام ١٨٠٠ قال يونج : « لعل التجارب تبين لنا في المستقبل ما اذا كان الآثير الكهربى هو نفس الآثير الضوئى ، هذا اذا كان لمثل هذا السائل وجود على الاحلاق » . وكتب ميشيل فاراداي بعد ذلك بخمسين عاما : « من الجائز أن يكون للآثير ، اذا كان موجودا ، فوائد أخرى أكثر من مجرد نقل الاشعاعات » . عندما تؤخذ الآثار الكهربية فى الاعتبار ، يبدو أن أفضل نوع من الآثير هو الآثير السائل . ولقد أوضح اللورد كلفن أن خواص القضيب المغناطيسى تماثل خواص أنبوبة مستقيمة مغمورة فى سائل بحيث يدخل السائل من أحد طرفيها ويخرج من الطرف الآخر . فاذا اقترب الطرفان المماثلان لأنبوبتين من هذا النوع فانهما يتجاذبان ، واذا اقترب الطرفان المختلفان فانهما يتنافران . وعلى هذا ، فإن القوى فى هذه الأنايبب تختلف فى اتجاهها عن قضبان المغناطيس ، غير أن قوانين الأثر المتبادل ، فيما عدا ذلك ، تنطبق فى حالة هذه الأنايبب كما تنطبق فى حالة قضبان المغناطيس .



وعندما انبرى فيتزجيرالد ليعالج مشكلة الأثير لم يفرق في المادية الفجة التي تتميز بها كل هذه النظريات . كان يرى أنه ليس من الضروري أن يصف ذلك الوسط بعبارات تنطبق على أنواع المادة المعروفة . والواقع أنه منذ عام ١٨٧٨ أشار الى أنه إذا كانت نظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية « تدفعنا الى تحرير أنفسنا من ربة الأثير المادي ، فانها قد تؤدي بنا الى نتائج في غاية الأهمية متعلقة بالتفسير النظري للطبيعة » .

وكان يحرك فيتزجيرالد في بحثه دافعان : الاول اقتناعه بأن أثرا واحدا يكفي لتفسير كافة الظواهر الفيزيائية ، والثاني ايمان عميق بنظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية عن الضوء . كان ماكسويل قد نشر نظريته في الفترة بين عامي ١٨٦١ ، ١٨٦٤ ، غير أنها لم تلق القبول العام لأكثر من عشرين عاما . كان فيتزجيرالد من اقوى المؤمنين بها والمدافعين عنها ، وكان يدرك أن الأثير لا يد أن يتصف بصفات السائل الى جانب صفات الجسم الصلب ، ونجح فعلا في تقديم صورة تتضمن هذين المطلبين المتعارضين في الظاهر .

كانت نقطة البدء عنده هي نظرية المادة التي قدمها لورد كلفن . لقد أشار اللورد كلفن الى أنه يمكن تشبيه الفعل المتبادل بين الذرات بسلوك حلقات الدخان التي تقترب الواحدة منها الى الأخرى ثم تعود فترتد عنها ، وكان يرى أن الكثير من صفات الذرات يمكن تفسيره على أساس افتراض أن الذرات تتكون من حلقات زويعية في سائل

يتصف بالكمال . كان يؤمن بفكرة « الاسفنجية الزومبية » ،
وهي كتلة من السائل تختلط فيها اجزاء دوارة وأخرى
غير دوارة .

رأى فيتزجيرالد أن فكرة الاسفنجية الزومبية يمكن ان
تعمل المشكلة التي تجابهه ، ذلك أن الخيوط الزومبية
الموجودة في سائل يتصف بالكمال تعبر عن نوع من الحركة
تظل فيه محتفظة بذاتيتها مهما حدث من تغيرات ، هذا الى
جانب أنها تضي على السائل شكلا أو آخر من أشكال
التماسك . انها تقوم بدور قضبان الصلب التي يصب
فوقها المسلح المقوى ؛ فالسائل يظل سائلا غير أن اجزاء
منه تقاوم التشكيل . انه يظل سائلا من حيث تركيبه
الدقيق ، ولكنه يكتسب بعض صفات الجسم الصلب من حيث
تركيبه العام .



وكان من الضروري بعد ذلك التوفيق بين المتجهات
الكهربية والمغناطيسية في نظرية ماكسويل وصفات
الاسفنجية الزومبية . ولقد فعل فيتزجيرالد ذلك بأن قال
انه ما دامت الزومبية في السائل الذي يتصف بالكمال
لا يمكن خلقها أو القضاء عليها ، فإن المجال الكهربى انما
هو تعديل في نظام استقطاب حركة الزومبة . ومن الممكن
أن تنتشئ الخيوط الزومبية الطويلة بشكل حلزوني حول
محور متواز مع اتجاه معين . وعندما تنتشئ الخيوط بشكل
حلزوني فإن طاقة السائل تزداد بالمقارنة بطاقته اذا كانت

الخيوط مستقيمة ، ويمكن قياس تلك الزيادة فى الطاقة بمتجه مواز لاتجاه الخيوط . وان وجود خيط حلزونى واحد فى السائل يؤدى الى انثناء الخيوط المستقيمة المتوازية المحيطة به ، ومن هذا الأثر يمكن بناء أنموذج من نماذج القوة المغناطيسية . وانتقل فيتزجيرالد بعد ذلك الى دراسة ديناميكيات الاسفنجية الزويعية ، وبين أن كثافة الطاقة هى مجموع مربعى كميتين يمكن التعبير عنهما بالكثافة الكهربية والكثافة المغناطيسية . وعلمنا أن نلاحظ ان الظواهر الكهربية المغناطيسية فى هذا الاثر احصائية فى طبيعتها اذ هى تعتمد على التركيب العام له .

ولقد كتب فيتزجيرالد كثيرا من المذكرات التى طور فيها نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، اذ كان هو الذى قدم ما يعرف بمعادلات ماكسويل - لورنز التى تربط بين المتجهات الكهربية والمغناطيسية ومواضع وحركات الشحنات . وكان هو الذى طبق نظرية ماكسويل على دوران مستوى استقطاب الضوء عن طريق عكسه بواسطة مغناطيس ، وعلى مشاكل مثل المجالات الكهربية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنة المتحركة ، ومشكلة الدوران المغناطيسى للضوء الذى كشفه فاراداي وعلاقته بأثر زيمان ، وأثر كير ، وتوليد الطاقة المشعة بواسطة تيار كهربي صغير بحيث تتغير شدة التيار وفق قانون دورى بسيط . وكانت المتذبذبات الكهربية التى اقترحها قرينة الشبه من تلك التى استخدمها هينريش هيرتز بعد ذلك بعدة سنين فى تجربته التاريخية التى أثبت بها وجود الموجات الكهربية (الهertzية) .

غير أنه من المؤكد أن اسم فيتزجيرالد سيظل دائما مرتبطا بكشفه عن « تقلص فيتزجيرالد » . وهو افتراض قدمه لتفسير نتيجة غريبة جدا توصل اليها عالما الفيزياء الأمريكيان (أ.إ. ميكلسون و.إ. مورلي) وهما يحاولان قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير . لقد استخدموا مدخلا - وهو جهاز لقياس الحيز الطيفي - لمقارنة الزمن الذي يستغرقه الضوء ليقطع مسافة معينة في اتجاه حركة الأرض وفي الاتجاه المتعامد على اتجاه حركة الأرض . كان من المنتظر أن يختلف الطول الضوئي في الحالتين ، غير أن العالمين لم يلاحظا أى فرق على الإطلاق . ولقد أدت تلك النتيجة الى ظهور الرأى القائل بأن الأرض في سيرها تحمل معها الأثير ، غير أنه من الصعب بمكان التوفيق بين هذا الافتراض ونظرية الزيف الفلكي وغيرها من الحقائق المعروفة . وفي حين كان فيتزجيرالد يتناقش مع أوليفر لودج في مكتب لودج بليفربول حول هذه المشكلة اذا هو يقول فجأة ان المشكلة يمكن أن تحل اذا ما افترضنا أن الجهاز قد تقلص بشكل آلي في اتجاه حركة الأرض . وتتبع فيتزجيرالد هذه الفكرة ووجد أن هذا التقلص يجب أن يحسب على

أساس النسبة بين $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ والواحد الصحيح حيث v سرعة الأرض بالنسبة للأثير ، و c سرعة الضوء .

ولقد أشار عالم الرياضيات الايرلندي جوزيف لارمور بعد ذلك بوقت قصير الى أن الساعات والقضبان لابد أن تتأثر بالحركة . واذا أردنا أن نعبّر عن الأمر بشكل تقريبي فأننا نقول ان الساعة التي تتحرك بسرعة v ستبطئ في سيرها

بنفس النسبة التي يتقلص بها قضيب متحرك بنفس السرعة . ولقد تحقق كلام لارمور حديثا بشكل تجريبي رائع عند ملاحظة معدل تحلل الميزونات ، وهي الجسيمات التي تنتج في الأشعة الكونية ، فحسب نظرية لارمور يبدو معدل تحلل الميزون ، بالنسبة لمشاهد يتخذ وضعا ثابتا ، أكثر بطئا كلما ازدادت سرعة حركة الميزون . ولقد وجد عام ١٩٤١ أن هذه هي الحالة فعلا .

وكان اكتشاف أن طول القضيب أو سِر الساعة ليست خواص مطلقة للقضيب أو الساعة ، وإنما هي خواص تعتمد على حركة كل منهما ، كان هذا الكشف أساس تفسير فشل كل التجارب التي أجريت بهدف تحديد سرعة الأرض بالنسبة للأثير .

ولقد أدى هذا الكشف الى وضع نظرية النسبية الحديثة التي يمكن أن يقال انها بدأت بكشف « تقلص فيتزجيرالد » الذي توصل اليه عام ١٨٩٢ . ومما يؤسف له أن فيتزجيرالد مات في عام ١٩٠١ فلم يتيسر له أن يشهد الثورة التي بدأها في فلسفة علم الفيزياء .

القسم الثالث
ما النار؟

بريستلى

فى صباح الاثنين ٩ يونيه عام ١٧٩٤ كتبت جريدة « أمريكا ديلى أدفرتايزر » التى تصدر فى فيلادلفيا تحيى وصول أحد المهاجرين من انجلترا ، فقالت : « انه لما يبعث الرضا والارتياح فى نفوس الذين يدافعون عن حقوق الانسان ، أن تصبح الولايات المتحدة الأمريكية ، أرض الحرية والاستقلال ، ملجأ للشخصيات العظيمة فى هذا العصر ، أولئك الذين اضطهدتهم أوروبا ، لمجرد دفاعهم عن حقوق الأمم المستعبدة » .

« وسبقى اسم جوزيف بريستلى فى ذاكرة المستنيرين من الناس ، أما انجلترا فانها ستأسف ، ولا شك ، يوماً ما ، على تلك المعاملة غير الكريمة التى عاملت بها هذا الرجل الشهير المحترم . . . » .

هرب عالم الكيمياء الكبير عبر الأطلنطى الى العالم الجديد بعد حياة حافلة بالمشاكل التى لم تقتصر على العلم ، بل امتدت الى الاضطرابات التى سادت المجتمع فى أيامه العصيبة . وكان بريستلى قبل ذلك بثلاثين عاماً ، وهو بعد قس شاب ، قد ذهب الى لندن التى تموج بالمتحلقين وقطاع

الطرق والصناع المهرة والناهين • وكان فى الثلاثين من عمره ، نحيفا ، رقيقا ، تكاد ملامحه تميل الى الأنوثة • أما ملابسه فكانت تغلب عليها الأناقة الدنيوية أكثر منها ملايس أحد رجال الكنيسة • وكان مرحا ، حاضرا البديهة واكتسب شهرة واسعة ككاتب فى المسائل الدينية • أما فقره فكان يقابله على أنه أمر واقع ، ولكن كان يتمتع بشجاعة أدبية لا تقهر •

ذهب بريستلى الى لندن لمقابلة الفيلسوف الشهير الذى حضر من المستعمرات الأمريكية بنيامين فرانكلين ، وكان فى قمة مجده كأحد العلماء • وكانت تجارب فرانكلين على البرق قد جعلت منه بطلا أسطوريا فى أعين معاصريه الأوروبيين • واعتقد الناس أنه قادر على أن ينتج شرارة برقية متى شاء • وأضافت كرامة منبته الى تلك الهيبة احاطة به ومع أنه كان مبعوثا الى لندن للدفاع عن وجهة نظر المستعمرات ، الا أن فرانكلين قد وجد من الدبلوماسية أن يحيا حياة عالم زائر بدلا من مبعوث سياسى •

كان بريستلى أحد رجال الجدل الدينيين الذين يدافعون عن مذهب التوحيد وعندما مات أبوه • وكان يعمل غزالا فى مدينة ليدز الصغيرة ، ربه عمته ، وكانت متسعة الأفق ومستقلة الرأى ، فنشأته فى جو من المناقشة الدينية الحرة • ونظرا لضعف صحته لم يستطع أن ينتظم كثيرا فى دراسته المدرسية ، ولكنه تعلم بنفسه الفرنسية واللاتينية والعبرية والهندسة • وتحت تأثير عمته التحق بسلك الكنيسة ، فتعلم فى إحدى الأكاديميات وتزوج من سيدة ذكية عندما كان فى الثامنة والعشرين من عمره وأصبح كاتباً معروفاً فى

المسائل الدينية • ولم يكن من المعقول أن يستحق • هو
بالبذات ، أن يطلق عليه : « الخائن عدو المسيح » كما حدث
فيما بعد •

وكان لزيارات بريستلى لصالون فرانكلين فى لندن عقب
زواجه أثرها فى تغيير مجرى حياته • فلم يكن حتى ذلك
الوقت قد اهتم بالعلم الا باعتباره من المربين • وكثيرا
ما اقترح على فرانكلين أن يقوم أحد الأشخاص بكتابة كتاب
مبسط عن الكهرباء ، وقد حثه فرانكلين أن يقوم بهذا
العمل ، ومن هنا نشأت فكرة الكتاب القيم الذى أنهاه بريستلى
فى عام عن « تاريخ الكهرباء ووضمها الحاضر » • وقد
اضطر فى أثناء كتابة هذا الكتاب الى التحقق بنفسه من صحة
بعض النقاط المختلف عليها فى النظريات الكهربائية • وكان
لبريستلى شغف طبيعى بالبحث فقام ببعض الكشوف
المبتكرة ، وكان منها أن الكربون موصل جيد للكهرباء •

وكان للنجاح الكبير الذى لاقاه هذا الكتاب أن انتخب
بريستلى فى العام التالى عضوا فى الجمعية الملكية •

وكان هذا التذوق للعلم هو الذى دفع بريستلى فى
طريقه الجديد ، ولكن الصدفة هى التى قادت الى طريق
الكيمياء • فعندما كان فى مدينة ليدز كان يقطن بجوار
مصنع تقطير الخمور الذى يملكه جيكس ونيل ، وكانت
الروائح النفاذة لمنتجات التخمر تتغلغل مسكنه وأصبحت
هدفا لأبحاثه الأولى •

كانت أفكار وآراء الكيميائيين القدامى مازالت تسيطر على علم الكيمياء ، فكانت المادة تقسم الى اربعة عناصر أولية هي الياسة والنار والهواء والماء . وما ان جاء عهد بريستلى حتى كانت هذه العناصر الأرسطية قد قسمت الى عدة أنواع ومراتب . فقسمت الياسة الى عدة أقسام : زئبقية وزجاجية وقابلة للاشتعال . وكانت هناك بالاضافة الى العناصر أربعة أرواح هي الكبريت والزئبق والزرنيخ والملح النشادرى . كما كانت هناك ستة أجسام هي الذهب والفضة والنحاس والرصاص والقصدير والحديد . وكان الفلوجستون هو « روح » كافة المواد ، وبفضله كانت الأجسام القابلة للاشتعال تشتعل .

اعتمد بريستلى أن يصنع أحد أقسام الهواء وهو « الهواء الثابت » (غاز حمض الكربونيك أو ثانى أكسيد الكربون) . وكان من المعتقد أن جرب البحر ينشأ من نقص « الهواء الثابت » فى جسم الانسان . ولذلك فقد صنع بريستلى جهازا لانتاج هذا الغاز من الطباشير وحمض الكبريتيك ثم مرر هذا الغاز فى الماء عن طريق أنبوبة مرنة وذلك بعد تنقية الغاز من الشوائب ، وبذلك اخترع بريستلى المياه الغازية . ولما شرح بريستلى طريقته هذه للورد ساندويتش ، أميرال البحرية ، تكونت لجنة لدراسة هذا المشروع ، ثم افتتحت ورشتان لتزويد البحرية بهذه المياه . وقد أثار عمل بريستلى هذا إعجاب الجمعية الملكية فمنحته ميدالية كوبلى وهى أكبر جائزة للكيمياء . وأعجبت الدوائر التجارية بهذه المياه فعباها المدعو المستر بيولى وباعها وقد كتب عليها :

« لتحضير مشروب مستر بيولي أذب ثلاثة « دراهم » من الحفريات القلوية في كل « كوارت » من الماء ، ثم مرر تيارا من الهواء الثابت الى ان يزول المذاق القلوى . يجب عدم تحضير كميات كبيرة من هذا المشروب ، كما يجب ان يحفظ في زجاجات محكمة . ويمكن تماطى أربع أوقيات منه كل مرة ، مع شرب قليل من الليمونادة أو الماء المضاف اليه القليل من الخل أو زيت الزاج المخفف (حمض الكبريتيك) ، مما يساعد على تصاعد الهواء الثابت في المعدة » .

أما مشروع بريستلي العلمى الثانى فكان أقل حظا من سابقه . فقد رضخت البحرية الملكية لبداء علماء الفلك لارسال احدى سفنها لمشاهدة كسوف القمر فى جنوب المحيط الهادئ ، وكانت البحرية تبحث عن عذر مقبول لارسال بعثة بريئة المظهر الى هذه المياه ، ولذلك فقد خصصت سفينة تحت قيادة كابتن جيمس كوك ، وسمحت للعلماء بالصعود اليها بعد أن أعطت الكابتن كوك أوامرها بأن يعنى العلماء كل الفرص للقيام بمشاهدتهم ، ثم يستمر فى مهمته الحقيقية وهى رسم خريطة وادعاء ملكية الأرض الشاسعة الموجودة فى جنوب المحيط الهادئ والمعروفة باسم « أرض أستراليا المجهولة » . ولما كان بريستلي شغوفا بأن يذهب فى هذه الرحلة فقد عين قسا للبحارة . ولكنه منع فى اللحظة الأخيرة من الاشتراك فى الرحلة ، وذلك لكتاباتة الدينية المتطرفة التى أكسبته أعداد كثيرين اتهموه بأنه قد يؤثر فى آراء أعضاء البعثة .

وعاد بريستلي الى تجاربه عن كيمياء الغازات ، التى ضمنها بعد ذلك فى كتابه « تجارب ومشاهدات على الأنواع

المختلفة من الهواء • وكان جهازه الذى صممه يتسم بالبساطة والأناقة • كان يضع مادة التفاعل فى دورق زجاجى مملوء جزئيا بالزئبق ثم يقلب الدورق فى حوض ملىء بالزئبق بحيث يصبح كل اناء نوعا من بارومتر تورشيللى • فاذا تصاعد غاز من هذا التفاعل أدى ضغطه المتزايد الى انخفاض سطح الزئبق الى أسفل فى الدورق • أما اذا امتص التفاعل أحد الغازات المحبوسة فى الدورق ، فان سطح الزئبق يرتفع وبذلك كان يسهل قياس التغيرات فى حجم الغازات • وكان بريستلى يستخدم أشعة الشمس لتسخين الغازات ، وذلك باستخدام عدسة لتجميع الأشعة •

وكان أول كشف لبريستلى هو فى نفس الوقت أعظم كشفه ، ألا وهو إنتاج وعزل غاز الأكسجين • سخن بريستلى المادة المعروفة آنذاك باسم موركيريوس كالسيناتاس (أكسيد الزئبق) فوجد أن الملح يمتلى حوالى أربعة أو خمسة أمثال حجمه من أحد الغازات • ولما وضع بعضا من هذا الغاز فى اناء مغلق به شمعة مشتعلة لاحظ أن الشمعة « قد احترقت فى هذا الهواء بلهب غاية فى العنف • • ولم الحظ مثل هذا اللهب فى أى نوع آخر من الهواء • • فقد احترقت الشمعة وهى تتوهج • • كما توهجت فى هذا الهواء شظية من الخشب واحترقت عن آخرها بسرعة فائقة • »

ثم علم بريستلى فيما بعد أن الفيران تعيش فى غازه أطول مما لو عاشت فى نفس الحجم من الهواء العادى • وفى الأنية المغلقة كانت الشمعة المتقدة أو الحيوانات تؤثر فى الهواء بحيث تطفىء الشمعة أو يموت الحيوان بعد فترة •

بريستلى

وأدرك بريستلى أنه اكتشف طريقة يمكن بها استعادة العنصر الحيوى الذى يفقده الهواء . ثم وجد الوسيلة التى تحافظ بها الطبيعة على هذا العنصر فى الهواء . كتب هذه الكلمات:

« لقد كنت سعيدا اذ تمكنت بالصدفة من معرفة الطريقة التى يمكن بها استعادة الهواء الذى اثرت فيه شمعة محترقة الى حالته الأولى ، واذا تمكنت من اكتشاف احدى هذه الوسائل التى تستخدمها الطبيعة لهذا الغرض ألا وهى النباتات » .

« فى السابع عشر من اغسطس عام ١٧٧١ ، وضعت عودا من النمناع فى كمية من الهواء تشتمل فيها شمعة فوجدت فى السابع والعشرين من نفس الشهر أن شمعة أخرى قد اشتملت فى الغاز . وقد كررت هذه التجربة بدون أى تنير فى ظروفها حوالى ثمانى أو عشر مرات فى المدة الباقية من صيف ذلك العام » .



وقد أولى بريستلى هذه التجربة عنايته وخلصها من كل ما لا داعى له من التفاصيل ، وذلك حتى يصل الى أبسط نتيجة . وأثبت أن استعادة حيوية الهواء لا تنتج فقط من النمناع ، فالسبانخ وزهر الريحان والحشائش المسماة جروند سل كان لها نفس التأثير . ثم انتهى الى النتيجة التالية وهى أن : « النباتات ، بدلا من أن تؤثر فى الهواء كما يؤثر فيه تنفس الحيوانات ، فانها تعكس تأثير التنفس وتعمل على المحافظة على الهواء لطيفا عليلا سليما وذلك



عندما يفسد بفعل تنفس الحيوانات الحية أو تعفن
الحيوانات الميتة » .

وعلى العكس من آرائه المتطرفة فى الدين والسياسة ،
كانت آراء بريستلى العلمية ونظرياته محافظة ، فقد تمسك
بنظرية الفلوجستون ، احدى بقايا الكيمياء القديمة ، بل لقد
حافظ نفوذ بريستلى على هذه النظرية وأطال من عمرها دون
ما دأب لفترة أطول مما تستحق . وقد تمكن بريستلى أيضا ،
ولأول مرة ودون أن يدرك ذلك ، من عزل غازات النشادر
(«الهواء القوى») والأزوت وأكسيد الأزوتيك وأول أكسيد
الكربون وثانى أكسيد الكبريت (الهواء الحمضى الزاجى)
وسواد أخرى ، وذلك بخلاف غازى الأكسجين وثانى أكسيد
الكربون .

ولما اشتهر بريستلى كأحد أساطين العلم دعتة الجمعية
القمرية الشهيرة فى برمنجهام ، والتي كان من بين اعضائها
وزائريها بعض قادة العلم فى ذلك الوقت ، من أمثال العالم
الفلكى سير ويليام هيرشيل ، والمهندس جون سميتون ، وعالم
النبات ايراسماس دارون ، والمخترع جيمس وات . وكان
أعضاء هذه الجمعية البالغ عددهم حوالى اثنى عشر عضوا ،
يجتمعون فى منزل كل منهم مرة كل شهر فى أقرب يوم اثنين
من اكتمال القمر . وكانت الاجتماعات تبدأ بالفداء فى
حوالى الثانية بعد الظهر ثم تستمر الى الثامنة مساء حين
يسطح ضوء القمر فيخرج الأعضاء لكى يمشوا الى منازلهم .
وقد كتب أحد أعضاء الجمعية الى صديق له ، بعد اشتراك
بريستلى فى الجمعية :

« كثيرا ما تحدثنا عن الفلوجستون دون أن ندرى ما كنا نتحدث عنه . ولكن الآن ، وبعد أن ألقى دكتور بريستلي الضوء على هذا الأمر ، أصبح في إمكاننا أن نصب هذا العنصر من اناء الى آخر بل ويمكننا أن نقدر بالدقة ما نحتاج اليه من هذا العنصر لاختزال الجير عندما يلمس أى جسم مرئى . وباختصار ، فإن هذا الاله يمكن قياسه ووزنه كاية مادة أخرى . أما بالنسبة للأمور الأخرى ، فاننى أحيلك على الدكتور نفسه » .

وأمضى بريستلى عشرة الأعوام التالية فى برمنجهام سميدا بأبحاثه فى الكيمياء ، وكتاياته عن التعليم واللاهوت . ومع أنه كان ملكيا مخلصا ، الا أنه أعلن عن عطفه على أهداف المستوطنين الأمريكين فى أثناء الحرب الثورية . وربما كان من الممكن أن يتجو بريستلى من العقوبة نتيجة آرائه هذه ، كما فعل كثير من الانجليز ، لولا انه جاهر أيضا برأيه فى ضرورة فصل الكنيسة عن الدولة فى انجلترا كما أيد أهداف الثورة الفرنسية .

كتب ت . ١٠ . ثورب الذى أرخ لبريستلى أنه « مع تقديرنا لبريستلى كفيلسوف مجرب ، الا أن ما يدعونا الى زيادة حبه واحترامه وتقديره هو ما لاقاه من متاعب نتيجة لكفاحه من أجل الحريات المدنية والسياسية والدينية » .

وفى يوم الباستيل عام ١٧٩١ شارك بريستلى جماعة من أصدقائه فى احتفال هادئ لهذه المناسبة فى برمنجهام . وكان بعض المتهوسين والمتعصبين قد وزع منشورات قبلها

خمسة أيام يتهمون فيها القائمين بالحفل بالخيانة ويهددون بريستلى وعائلته بالشنق • تجاهل بريستلى وأصدقائه هذه التهديدات ، وتناولوا غداهم فى أحد المطاعم الخاصة بهدوء • ولكن المتاعب بدأت فى المساء ، فاشتعلت جماعة من الفوغام المتهوسين الكنيسيتين المخالفتين فى برمنجهام ثم اتجهت هذه المجموعة الى منزل بريستلى لحرقه وشنقه هو وأسرته • وقد وصفت إحدى جارات بريستلى ما حدث عندما انتشرت أنباء اقتراب الفوغام من منزل بريستلى وكيف حاول والدها إيقافهم :

« وصل أبى الى يواية دكتور بريستلى قبل الفوغام ، واتخذ لنفسه موقفا بينهم وبين المنزل ، فلما وصلوا اليه حاول ان يثنىهم عن غرضهم بالاقناع وبالأغراء بالمال ، وقد بدا كما لو كانوا قد اقتنعوا بكلامه ، عندما صرخ احدهم بصوت عال ، وكان من قادة الشغب : « لا تلمسوا أمواله ، فقد شنق رجل فى ثورة ١٦٨٠ بلندن لانه أخذ ستة بنسات » • ثم بدأ فى قذف الحجارة • ولما وجد والدى أنه من غير المعقول مواجهة مائتى أو ثلاثمائة رجل أدار حصانه وانصرف » •

وبينما بريستلى وأسرته يحتمون بمنزل أحد الأصدقاء ، سطلت الجموع على منزله وبعثرت أوراقه ، وهدمت المنزل وأشعلت النيران فى الأنقاض • ثم توجهت تبحث عن بريستلى فى كل مكان بالمدينة لمدة ساعات فهرب هو وأسرته فى عربة قبل أن يمسكوا بهم بدقائق • ووصلوا الى لندن بعد أسبوع من الحادث وهم فى سفر متواصل •

صدمت هذه الانباء كثيرا من الناس فى لندن ولكن
الكثيرين غيرهم أدركوا أنه لا دخان بلا نار . وإن آل بريستلى
لا بد أن يكونوا غير موالين . فقد طلبت إحدى الخادومات
اعفاءها من العمل لأنها كانت تعمل قريبا من منزل بريستلى
وذلك خوفا من غضب الله . وبدأ أعضاء الجمعية الملكية فى
مهاجمة بريستلى يعنف . ولم يستطع إبتناؤه الالتحاق بأى
عمل فأبحروا الى أمريكا . وكانت إنجلترا مقبلة اذ ذاك على
تلك الثلاثين سنة من الاضطهاد حين كانت ترسل السفن
المحملة بالمسجونين السياسيين اما الى خليج بوتانى واما الى
المشتقة

وأدرك بريستلى ، بعد مضى عامين فى لندن ، أنه لن
يتمكن من العيش فى سلام فى إنجلترا . فقرر ان يلحق
بأبنائه فى بنسلفانيا . ورحب به جورج واشنطن فى الوطن
الجديد ، وألقى المواعظ فى جمع من الناس كان بينهم
الرئيس جون آدمز ، وأصبح من الأصدقاء المقربين لتوماس
جيفرسن . هذا ، وقد رفض الأستاذية وبمعهدا رئاسة
جامعة بنسلفانيا ، مفضلا أن يعيش فى هدوء . . . ومات
أقرب أبنائه الى قلبه ، ومن بعده زوجته التى لم تفق أبدا
من الصدمة التى أصابتها فى برمنجهام .

الا أن اقامة بريستلى فى المهجر لم تخل من عمل ، فقد
أجرى تجاربه الشهيرة وشرحها لجيمس وود هاوس وجون
ماكلىن وروبرت أوهر وهم طليعة الكيميائيين الأمريكيين
الذين بدأوا عملية صقل ذلك العلم الذى فتح الطريق أمام
كشف واستغلال ثروات الأراضى الأمريكية .

لافوازييه

اشتهر أنطوان لوران لافوازييه بأنه مؤسس علم الكيمياء الحديثة ، ولكن هذا العمل انما يعكس جزءا صغيرا من قصة حياته . ولو أن لافوازييه لم يقم بأية تجربة كيميائية ، لاستحق كذلك مكانا مرموقا في التاريخ . لقد تمددت جوانب نبوغه ، ولم يكن من رواد علم الكيمياء فحسب ، ولكنه كان كذلك رائدا في علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) ، والزراعة العلمية ، والتكنولوجيا ، كما كان من الشخصيات البارزة ، في عصره في مجالات الاقتصاد والتعليم العام والتنظيم الحكومي . التاريخ لا يحدثنا الا عن عدد ضئيل من أمثال هذا الرجل الفرنسي النابغة الذي استطاع أن يحيط بمثل هذا العدد الكبير من فروع المعرفة .

ولد لافوازييه في مدينة باريس يوم ٢٦ أغسطس عام ١٧٤٣ وكان الابن الوحيد لوالدين مقتدرين . ماتت أمه وهو مازال صغيرا ، فتربى في ظل رعاية وحب والده وعمته المانس .

أراد له والده أن يكون محاميا ، ونزولا على إرادة أبيه أتم أنطوان دراسته القانونية وحصل على الليسانس . ولكنه

لافوازييه

أظهر ميله المبكر للعلم باختياره كلية مازاران للدراسة الجامعية حيث درس علوم الفلك والنبات والكيمياء والجيولوجيا على أيدي مشاهير الأساتذة . وبعد دراسة القانون عاد سريعا الى العلم . وما ان مرت سنوات ثلاث ، وهو بعد في سن الخامسة والعشرين ، حتى انتخب عضوا في أكاديمية العلوم الملكية ، وذلك نتيجة لأعماله التي أسهم بها في عمل خريطة جيولوجية لفرنسا ، وكذلك لبحوثه الكيميائية في عجينة باريس ، وكذلك لحصوله على المبدئية الذهبية الخاصة تقديرا للخطط التي قدمها في المسابقة الملكية لتحسين الاضاءة في شوارع باريس .

ولما كان لافوازييه قد اعتزم أن يمضى في طريق البحوث العلمية ، فقد بدأ أولا في تأمين حياته المالية ، فاشترى نصيبا من أسهم شركة « فيرم جنرال » وهي الشركة الخاصة التي كانت تجبي الضرائب للملك . وقد درت عليه هذه الأسهم أرباحا طائلة طوال حياته ، ولكنها كانت السبب في اعدامه بالجلوتين .

تزوج لافوازييه ، وهو في الثامنة والعشرين ، من ماري آن بيريت بولز ، وكانت في الرابعة عشرة من عمرها ، وهي ابنة أحد كبار أعضاء شركة « فيرم جنرال » . ومع أن هذا الزواج كان من ترتيب والدها حتى لا تقع تحت ضغط الجهات العليا التي كانت ترغب في زواجها من كونت عجوز فاسد الأخلاق ، إلا أن الأيام أثبتت أن زواج لافوازييه من هذه العروس الطفلة كان ناجحا سعيدا . بدأت ماري في تعلم اللغتين اللاتينية والانجليزية لترجمة الأعمال العلمية لزوجها الذي كان قليل الامام باللغات الأجنبية . وترجمت

له كتابين هامين للعالم الكيميائي الايرلندي ريتشارد كيروين . وأعدت له موجزا لأبحاث نشرها جوزيف بريستلي وهنرى كافنديش وغيرهما من علماء الكيمياء المعاصرين . وأوضحت ترجماتها وملاحظاتها التي كانت تكتبها على الهوامش أنها كانت تلم بالكيمياء المأما يفوق مجرد المعرفة السطحية . وجعلت مارى من منزلها مكانا يؤمه العلماء الفرنسيون والأجانب ، كما كانت فنانة موهوبة ترسم وتحفر اللوحات لكتبه ، وساعدته فى معمله وكانت سكرتيرته التي تدون الملاحظات عن تجاربه الكثيرة . وبعد اعدام لافوازييه كتبت وطبعت كتابه الأخير « مذكرات فى الكيمياء » ، وهو الكتاب الذى كان قد جمع مواده فى السجن ولكنه لم يكمله ، ومن المؤسف أنها قد كوفئت على عملها هذا أسوأ مكافأة وذلك لزواجها التمس ، الذى لم يدم طويلا ، من الكونت رامفورد . وكان الكونت رامفورد عالما ومخترعا مشهورا الا أنه كان أيضا مغامرا ووصوليا نفميا .

كانت أعمال لافوازييه فى الكيمياء سجلا حافلا يجدر بنا أن نستعرضه بسرعة . ففى عام ١٧٧٢ ، عندما كان فى التاسعة والعشرين من عمره ، بدأ دراسة احتراق الفلزات وكلسنتها (تأكسدها) ، ولاحظ أن الكبريت أو الفوسفور يزداد وزنه عندما يحترق ، وافترض أنه يمتص الهواء . وكان المفتاح الذى يفسر ملاحظاته هو كشف جوزيف بريستلي « للهواء الذى انتزع منه الفلوجستون » (الأوكسجين) . وقد بين لافوازييه بعد ذلك مباشرة أن هذه المادة التى أطلق عليها اسم الأوكسجين هى التى كانت تمتصها المعادن عند

لافوازييه

تكوين « الكالسات » أى الاكاسيد . وأخذ يستبدل بنظرية « الفلوجستون » ، التى كان قد مر عليها حوالى قرن من الزمان (وهى النظرية التى تقول ان المواد تحترق بسبب تسرب الفلوجستون) ، النظرية الصحيحة التى ترى أن الاحتراق عبارة عن اتحاد كيميائى بين المادة المحترقة والأكسجين . ولم يستطع لافوازييه تفسير تكون النار ، ولذلك فقد ادخل لفظ « الكالورى » لكى يشرح العنصر الذى لا وزن له أى الحرارة . ولكن التفسير الكامل للاحتراق والحرارة لم يتم الا بعد نمو نظرية « الأنثروپى » أو « التبادل » فى القرن التاسع عشر . ومع ذلك ، فإن لافوازييه ، بالتعاون مع عالم الفيزياء العظيم بيير سيمون دى لا بلاس ، قام بدراسات عن الحرارة المصاحبة للاحتراق ، وضمت الأساس لعلم الكيمياء الحرارية .

★★★

فشلت نظرية لافوازييه فى مبدأ الأمر فى اعطاء تفسير لاحتراق « الهوام القابل للاشتعال » (الايدروجين) ، وهو الغاز الذى يتصاعد عند اذابة المعادن فى الأحماض ، وهنا كان الفضل لأحد اكتشافات كافنديش فى امداد لافوازييه بالتفسير الذى يحتاج اليه . فقد علم كافنديش أن الماء النقى ينتج عن احتراق « الهوام القابل للاشتعال » ، فقام لافوازييه بمدة تجارب أخرى استنتج منها أن الماء عبارة عن مركب يتكون من غازين هما اللذان نطلق عليهما الآن الأوكسجين والايدروجين . وأدرك فوراً أن هذه الحقيقة تضع حجر الزاوية لبناء هيكل جديد كامل فى علم الكيمياء .

لاقت الكيمياء الجديدة قبولا حسنا ، دعا الى اعادة النظر فى كشف العناصر ووضع نظام جديد لتسمية المواد ، ولقد وضع لافوازييه ، مع بعض كبار علماء الكيمياء الفرنسيين ، أسماء جديدة ، مازالت تستخدم الى وقتنا هذا مع بعض التغيرات البسيطة .

وكان من الطبيعى أن يؤدي شغف لافوازييه الشديد بالاحتراق الى اهتمامه بالتنفس ، وهناك من يقول ان عمله فى هذا المجال يجعل له الحق فى أن يلقب بمؤسس علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) والكيمياء الحيوية . ومن المؤكد أنه وضع نظاما حيث كانت تتم الفوضى . كان الكثيرون قد خمنوا أن جميع أشكال الحياة تعتمد على عامل حيوى فى الهواء . وبين بريستلى ، وغيره ، بالتجربة أن الحيوانات عندما تتنفس تستهلك عاملا ضروريا من الهواء . وكان على لافوازييه أن يبين الطبيعة الكيميائية البعثة لذلك الدور الذى يلعبه الأوكسجين ، أو كما كان يسمى فيما سبق ، الهواء الحيوى بالنسبة لعملية التنفس ، والاحتراق . وكان لافوازييه أول من أوضح أن حرارة الحيوان تنتج من عملية بطيئة مستمرة تحدث فى الجسم ، وأنها عبارة عن عملية احتراق بطيئة . ولكن يثبت هذا عمليا صمم وأجرى عدة تجارب رائمة بالتعاون مع لابلاس ، على نوع من « الفيران أو خنازير غينيا » حيث كانا يقيسان بدقة ما يأخذه الحيوان من الأوكسجين وما يخرج من ثانى أكسيد الكربون والحرارة . وكانا يقيسان الحرارة بواسطة مسعر ثلجى من اختراعهما ، وبذلك وضعا معا أساس علم قياس الحرارة أو الكالورىمترى . وكامتداد لهذا العمل تعاون لافوازييه بعد

ذلك مع أربان سجون في برنامج للبحوث أدى الى توضيح
حقائق عمليات الأيض - والجهاز الذي صممه لافوازييه
والذي أجرى به هذه البحوث يعتبر الأب المباشر للجهاز الذي
يستخدم اليوم في قياس عمليات الأيض الأساسية .

وكثيرا ما كان لافوازييه يضطر الى وقف بحوثه عندما
تدعوه الحكومة الى أن يقدم لها المساعدة الفنية . دعت
الحكومة ذات يوم الى العمل لحل مشكلة النقص في البارود .
كانت فرنسا تشكو من ندرة ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ،
وهو احد المركبات الأساسية في صناعة البارود ، كانت
تنتجها إحدى الشركات الاحتكارية بطريقة غير فعالة . وقد
طلب مراقب عام المالية مشورة لافوازييه الذي اقترح أن
تؤسس الحكومة « ادارة المساحيق » . وقد عين أحد أريمة
مديرين لهذه الدار ، ثم استمر في وضع طنز جديدة للإنتاج
أكثر كفاءة . واستطاع خلال ثلاث سنوات أن يرتفع إنتاج
فرنسا السنوي للبارود من ٧١٤ طنا الى ٨٦٦٧ طنا .
ويمكن القول ، ان جهود لافوازييه هذه ساعدت على نجاح
الثورة الأمريكية ، لأنه لولا البارود الذي أمدت به فرنسا
الشوار لتفريت نتيجة الثورة .

ولقد منحت ادارة « المساحيق » لافوازييه منزلا ومعملا
للبحوث داخل دار الصناعة ، حيث قضى أسعد شتى حياته
وأكثرها إنتاجا ولكن تخللت هذه المرحلة تجربتان تدلان
على مدى ما يمرض له العالم الذي يعمل في خدمة الحكومة .
ففى أحد الأيام ، كان لافوازييه ، ومعه زوجته وثلاثة من

مساعديه، يجرون تجربة على ملح كلورات البوتاسيوم لدراسة امكانية استخدامه كاحد المفرقعات فحدث انفجار مئى انعمس ادى الى وفاة اثنين منهم ، ولكن لافوازييه نجح سالما هو وزوجته . وقد ابلغ لافوازييه الحادث الى وزير الملك فى عبارات سامية تنم عن طبيعة اخلاقه :

« فاذا تكرمتم ، يا سيدى ، بعرض امر هذا الحادث الموسف ، على الملك والاختطار التى تعرضت لها ، فاننى ارجوكم ان تنتهزوا هذه الفرصة لكى تؤكدوا لجلالته أن حياتى فداء له وللدولة ، وائنى ساكون دائما على استعداد للتضحية بها لما فيه مصلحته ، اما بتكرار نفس العمل على المادة المفرقة الجديدة ، وهو عمل آومن بأنه ضرورى ، واما بأية وسيلة أخرى » .

أما التجربة الأخرى فكانت سياسية . ففى عام ١٧٨٩ ، عندما استولى الثوار على باريس ، قررت ادارة المساحيق أن تشعن ١٠٠٠ رطل من البارود الصناعى الرديء الى خارج المدينة لاستبدال نوع أحسن به . وأزعجت هذه العملية الأهالى ، فأمر لافايت ، وكان مسئولا عن الذخيرة ، باعادة الشحنة الى دار الصناعة . واستدعى الكوميون المعلى المديرين للتحقيق معهم بتهمة الخيانة ، ومع أن نتيجة التحقيق كانت لصالحهم الا أن صيحة الرأى العام للمطالبة باعتقال لافوازييه لم تخفت الا بعد عودة شحنة البارود الى دار الصناعة .

★★★

وكان لافوازييه ، مثل توماس جيفرسون ، الذى كان يشبهه من وجوه كثيرة ، شغوفا جدا بالزراعة . وكان قد

لافوازييه

ورث عن والده مزرعة في لابورجيه ، ثم امتلك بعد ذلك بقليل مزرعة كبيرة بالقرب من مدينة أورليان . وكان يزرع فيها بنفسه ٣٧ هكتارا ويؤجر ٨٥٦ هكتارا ، وكان من عادته أن يقضى مواسم البذر والحصاد في المزرعة ، وأن يمسك حسابات دقيقة للمحاصيل وأثمانها . وسرعان ما قرر المزارع لافوازييه أن كمية المحاصيل ترتبط ارتباطا وثيقا بكمية السماد الذي يستخدم في الحقول . ثم أجرى تقديرا دقيقا للعلاقة بين كمية الماشية ومساحة المراعى والارض المنزرعة في مزرعة مشتركة للرعى والزراعة . وكانت دراساته عن احتياجات المحاصيل المختلفة والماشية عملية جدا وغاية في النجاح . وأمكنه ان يسجل ، بكل ارتياح ، أنه فى خلال ١.٤ عاما ضاعف انتاج القمح ووصل بانتاج الماشية الى خمسة أمثالها .

وكان لافوازييه يبذل نشاطا كبيرا فى الجمعية الزراعية فى باريس ، وكذلك فى الادارة الزراعية ، حيث كان واحدا من ضمن الأعضاء الخمسة المؤسسين ومنارها المرشد . وقد مثل الدائرة الثالثة فى برلمان أورليان المحلي حيث كان المحرك الأول لأغلب المناقشات والموضوعات محل البحث . وكانت تقاريره ، التى غلبت على معاضر جلسات البرلمان ، لا تتناول المسائل الزراعية فحسب بل تتناول كذلك موضوعات متعددة مثل المعونة الاجتماعية لليتامى والأزامل ، وخطوات تأسيس بنك للتوفير فى أورليان ، والغاء السخرة (التى كانت تستخدم لاصلاح الطرق) والاصلاجات الضرائبية واعداد خريطة لمعادن الاقليم . واقامة ملاجئ ومشاكل للفقر . وقد عبر عن عقيدته الاجتماعية فى

الكلمات التالية « يجب ألا تقتصر السعادة على عدد محدود من الناس ، ان السعادة ملك للجميع » . وكان لافوازييه يؤمن بالأرض وأن الثروة تنبع من الأرض وأن الحرية الشخصية من أقدس حقوق الانسان .

ومع أن لافوازييه كان رائدا في مجال العلوم، وسياسيا من الأحرار ، واجتماعيا من المصلحين ، الا أن آراءه عن المال والاقتصاد كانت محافظة ، وقد اختير في الجمهورية الجديدة عام ١٧٨٩ لرئاسة بنك الخصومات الذي تحول فيما بعد الى بنك فرنسا . وقد حذر ، في أحد تقاريره التي تتسم بالوضوح والادراك العميق ، من خطر التضخم . وبعد ثلاث سنوات قدم لافوازييه تقريراً الى المجلس الوطني عن الحالة المؤسفة التي وصلت اليها مالية البلاد . ولقد ذكر أحد الخبراء حديثاً أن تقرير لافوازييه وعرضه للموقف آنذاك كان رائعا . وطبع هذا التقرير بيير ديبون ، وكان صديقا للافوازييه الذي ساعده ماليا في انشاء دار النشر ، كما كان ولده أرينيه مساعدا في مكتبة دار الصناعة أيام كان لافوازييه أحد مديريها . وعندما أسس أرينيه ، بعد هجرة أسرة ديبون الى الولايات المتحدة ، مصانع البارود الضخمة في ديلاوير، أراد أن يطلق عليها مصانع لافوازييه، ولكن رأى الأسرة استقر في النهاية على تسميتها باسم شركة ديبون دي ثيمور .

ويعتبر كتاب لافوازييه الشهير في الاقتصاد السياسي « عن ثروة الأرض في المملكة الفرنسية » من أشهر الكتب في تاريخ الاقتصاد . وكان قد بدأه قبل الثورة ، ولكن المجلس الوطني اعتبره مفيدا جدا فبدا يبعده ببطء

عام ١٧٩١ • وكان من رأى لافوازييه أنه لا يمكن وضع نظام معقول للضرائب الا على أساس من المعرفة الدقيقة لانتاج البلاد الزراعى ، ولذلك فقد جمع البيانات من جميع مقاطعات فرنسا • وكانت أرقامه عن الانتاج والاستهلاك وعدد السكان من أولى الاحصائيات القومية الموثوق بها • ولقد أوصى لافوازييه أن تنشئ فرنسا معهدا لجمع ودراسة كافة البيانات الاقتصادية - سواء فى الزراعة أم فى الصناعة - وعدد السكان ورأس المال وغيرها •

وكان لافوازييه ، باعتباره أحد أعضاء اللجنة الاستشارية التى كونتها الحكومة لدراسة الشؤون الهامة للتجارة والمهن ، قد اقترح نظاما قوميا للتعليم ، وأكد أن تعليم الشعب يعتبر أمرا مفيدا للدولة ، وأن التعليم الحر يجب أن يكون مباحا للجميع بصرف النظر عن الجنس أو الوضع الاجتماعى • واقترح انشاء أربعة أنواع من المدارس : الابتدائية ، والفنون الأولية ، والمعاهد ، واثنى عشرة مدرسة قومية عليا فى أكبر المدن الفرنسية وعددها اثنتا عشرة مدينة • كما اقترح خلق أربع جمعيات قومية لتطوير العلوم الرياضية والفيزيائية ، والتطبيق التقنى للعلوم ، والعلوم السياسية والانسانية ، والأدب والفنون الجميلة •

ومن الأعمال التى لعب لافوازييه فيها دورا كبيرا تلك المحاولة الفرنسية التى لا يعرفها الكثيرون والمتعلقة باقامة نظام طموح للتعليم العالى فى الولايات المتحدة الوليدة عام ١٧٨٨ • وكانت الروح المحركة لهذا العمل هو ألكسندر مازى كوستى دى يوربير حفيد أحد مشاهير اتقلاصفة الفرنسيين ،

رجال علموا للعلم

وكان مهتما بالاقتصاد ، كما كان طبيب القصر . واقترح كوسنى اقامة كلية فى ريتشموند ، العاصمة الجديدة لفرجينيا ، تأخذ طلابها عالميا . وعينت الاكاديمية الفرنسية لجنة ، كان أحد أعضائها لافوازييه ، لدراسة الموضوع ، ووضع أعضاء اللجنة تقريراً مؤيداً للفكرة . وينب على الظن أن لافوازييه هو الذى كتب التقرير ، خاصة اذا علمنا استمداده لأخذ مسئولية كتابة التقارير فى مثل هذه المسائل .

وقد شيدت فعلا أكاديمية كوسنى فى ريتشموند ، ولكنها لم تبدأ عملها قط وذلك نظرا للتغير الثورى الذى حدث فى فرنسا فى العام التالى . وفى نفس هذا المبنى اقر رسميا دستور الولايات المتحدة . وتحول المبنى فيما بعد الى مسرح ، احترق عام ١٨١١ ، وأعيد بناؤه ، ومازال يستخدم كنيسة الى يومنا هذا .

وكان من أول أهداف الثورة الفرنسية - بعد سقوط الملكية - شركة « فيرم جنرال » جايبة الضرائب ، والتي اكتسب أعضاؤها كراهية الشعب لهم باعتبارهم من مصاصى الدماء الذين أثروا على حساب الشعب . وأخيرا أهلك المجلس الوطنى هذه الشركة وأمرها بتقديم تقرير عن حساباتها . وأدى تأخير تقديم هذا التقرير الى اثاره للجنة الثورية فأمرت فى ١٤ نوفمبر عام ١٧٩٣ بالقاء القبض على جميع أعضاء الشركة . وعندما سمع لافوازييه بهذا القرار ، اختفى وحاول وقف القرار نظرا لأعماله العلمية القيمة لبلاده . ولكن هذه المحاولات لم تفلح فاضطر الى تسليم نفسه بعد بضعة أيام .

وسجن أعضاء الشركة فى مكاتب الشركة السابقة حيث أنهوا كتابة تقرير عن الحسابات النهائية فى شهر يناير من عام ١٧٩٤ . وبينت حساباتهم بوضوح تام أن جامعى الضرائب كانوا يتصرفون طبقا للقانون .

الا أن الارهاب كان قد وصل الى أقصى مزاحله ، ولم يعد هناك مفر أمام أعضاء الشركة ، اذ وجهت اليهم تم جديدة ولصقت بهم افتراءات ، مثل تحصيل فوائد باهظة ، وخلط الدخان بمزيد من الماء (مما يضر بصحة المدخنين) ، وأمثال ذلك . وفى ذلك الجو المسموم الذى كان متفشيا فى فرنسا لم يجد موجهو الاتهام صعوبة فى اصدار قرار بتقديم المتهمين الى محكمة الثورة . وكان هذا القرار يعنى الحكم بالاعدام .

وفى الساعة الواحدة من صباح ٨ مايو عام ١٧٩٤ سلم كل منهم نسخة تكاد لا تقرأ من التهم الموجهة اليه ، وفى الساعة العاشرة من صباح نفس اليوم استدعوا أمام المحكمة . وهناك قامت مشكلة ، فالمحكمة كانت مختصة فقط بمحاكمة الذين يقومون بنشاط معاد للثورة ، وهو ما لم يتهم به أعضاء الشركة . ولكن رئيس المحكمة جان باتيست كوفينال ، تغلب على هذه المشكلة بأن طلب من المحلفين أن يسألوا أنفسهم اذا كان قد اتضح لهم أن المتهمين قد اشتركوا فى مؤامرة ضد الشعب بأن أتوا أعمالا ضارة ، مثل تموين أعداء الجمهورية بأموال اختفت بشكل غير قانونى من الخزانة ، وهى تهمة لم تذكر فى قائمة الاتهام ولم يتم

رجال عشوا للعلم

عليها أى دليل فى اثناء المحاكمة • وأصدر المحلفون قرارا
جماعيا بالادانة ، وأعدم المتهمون بالجيلوتين قبل منتصف
الليل •

وهكذا مات عالم فرنسا العظيم ، وقال جوزيف لويس
لاجرانج ، عالم الرياضيات الكبير فى اليوم التالى : « ان قطع
ذلك الرأس قد تم فى لحظة ، ولكن قرنا آخر قد لا يكفى
لكى يظهر رأس آخر مماثل » •

القسم الرابع
المغناطيسية والكهرباء

بنيامين فرانكلين

بالرغم من أن كل جوانب حياة بنيامين فرانكلين قد تموضت لدراسة دقيقة فاحصة وناقدة ، إلا أن مكانه من تاريخ العلم ، كما تصفه كتب التاريخ الأمريكي ، مازال مشوها • ففي أثناء حياته ، كان فرانكلين معترفا به بين معاصريه من العلماء باعتباره أحد كبار أئمة العلم فى عصره • وأعلن جوزيف بريستلى أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء يجب « أن يسلم الى الأجيال القادمة كتمبير عن المبادئ والنظريات الصحيحة فى الكهرباء ؛ تماما كما تعتبر فلسفة نيوتن تمبيراً عن النظام بوجه عام » • وحاز فرانكلين أسمى أشكال التقدير العلمى من معاصريه • وقام أحد الكتاب بمقارنة كتابات فرانكلين بكتاب نيوتن الشهير « البرنكيبيا أو الأسس » ، وقال : « ان التجارب والملاحظات التى أجراها الدكتور فرانكلين بمثابة قواعد علم الكهرباء ، كما أنها تضع أساساً لنظام بسيط بقدر ما هو عميق » •

وينحوا أغلب الكتاب اليوم اما الى تأكيد اكتشافات فرانكلين التطبيقية ، واما الى انكار مكانته بين مؤسسى العلم البحت • ومن أمثال ذلك تلك المقالة التى ظهرت حديثاً فى مجلة « العلوم » حيث أعلن الكاتب أن السبب الوحيد الذى

رجال عظموا للعالم

يدعو أحيانا الى اعتبار فرانكلين من كبار العلماء ووضعه ،
من حين لآخر ، بين قائمة العظماء الحقيقيين ، مثل
ج . ويلارد جيبس و . أ . نيكلسون ، هو أنه كان شخصية
هامة في تاريخ أمريكا السياسي .

★★★

وتهتم أغلب الكتابات التي وضعت عن حياة فرانكلين
العلمية بالتركيز على العمل الذي يكاد يعرفه الجميع الا وهو
اثباته ، عن طريق طائرة من الورق أطلقها في أثناء عاصفة ،
لصحة الفرض القائل بأن البرق عبارة عن شرارة كهربية .
وقد يصل البعض الى حد انكار حقه في هذا العمل الرائع
المتنازع ، فقد جاء في مقالة باحدى المجلات العلمية المعروفة
أن قصة الطائرة والبرق إنما هي من نسج خيال مؤلفي
الأساطير ، وهذا بالرغم من أن فرانكلين كان قد نشر هذه
التجربة ، التي أعاد تجربتها غيره من العلماء ، في أكبر مجلة
علمية في ذلك الوقت .

ولكن ، دعونا ننس أمر هذه الطائرة ، فلم تكن يدات
أهمية كبرى في حياة فرانكلين ، كما أنها لم تكن أول تجربة
يضع تصميمها لاثبات الطبيعة الكهربائية لشرارة البرق ، الى
جانب أن هذه التجربة لم تكن الأولى التي أثبتت صحة هذا
الفرض ، وهذا الفرض نفسه لم يكن من وضع فرانكلين .
إن مكانة بنيامين فرانكلين في تاريخ العلم تستند الى أسس
أقوى وأمتن ، ومن بين هذه الأسس ذلك السجل الكبير والحشد
الهائل من الحقائق الجديدة عن الطبيعة التي كشف عنها
بمهارته الفائقة في تصميم وتنفيذ التجارب ، بالإضافة الى
نبوغه في إقامة صرح أول نظرية متكاملة موحدة عن الفعل

يلعبين فرانكلين

الكهربى - وبالإضافة الى ذلك ، فان نجاحه الفائق قد أعطى
فن اجراء التجارب مكانة جديدة كان فى أشد الحاجة اليها
فى القرن الثامن عشر - كما ان النظريات الكهربائية التى
جاءت فى كتابه « تجارب ومشاهدات عن الكهرباء أجريت
فى فيلادلفيا بأمريكا » مازالت جزءا من نسيج النظريات
الكهربية فى الوقت الحاضر - اننا نكرم دون أن ندري ،
بنيامين فرانكلين عندما نذكر كلمات « موجب » و « زائد »
أو « سالب » و « ناقص » ، وبطارية كهربية ، وغيرها من
المصطلحات التى كان فرانكلين أول من استخدمها فى
الظواهر الكهربائية •

ويعتبر كتاب فرانكلين عن الكهرباء من أهم الكتب
العلمية التى أعيد طبعها فى منتصف القرن الثامن عشر •
فقد ظهرت له خمس طبعات بالانجليزية وثلاث بالفرنسية
واحدة بالاطالية وواحدة بالألمانية • وكانت سمعة
فرانكلين العلمية من العظمة بحيث انتخب زميلا فى الجمعية
الملكية ومنح فيها ميدالية كوبلى لتجاربه على الكهرباء • وفى
عام ١٧٧٣ انتخب واحدا من ثمانية من «الأعضاء الأجانب»
فى أكاديمية العلوم الملكية فى باريس • وعندما كانت
الأعمال العلمية تنال تقديرا أكبر مما تناله فى وقتنا
الحاضر ، كان كتاب فرانكلين يدرس على نطاق واسع وكان
اسمه على كل لسان •

بدأ اهتمام فرانكلين بموضوع علم الكهرباء حوالى
عام ١٧٤٤ ، وفيما بين عامى ١٧٤٧ ، ١٧٥١ توصل الى
أهم اكتشافه ، وبدأ يكتسب سمعته ومكانته العلمية • وعلى
عكس القاعدة العامة التى تقول ان أعظم الاكتشاف فى علم

الفيزياء قام بها رجال فى العقد الثالث أو الرابع من حياتهم ، نرى فرانكلين قد بدأ حياته العلمية فى سن الأربعين ؛ وكان قبل ذلك مشغولا فى كسب قوته ، مما لم يدع له وقتا كافيا للأعمال العلمية . ولما نجح فى الشئون المالية ووجد أن البحث عن الحقيقة يتفق وميوله ومواهبه قرر ، كما جاء فى مذكراته ، أن يوقف أعماله وأن يقضى وقته فى اجراء التجارب . وما كاد يترك أعماله حتى اجتاحت الوطن أزمة كبرى ، فترك بحوثه العلمية جانبا لكي يشترك فى الدفاع عن فيلادلفيا . ومنذ ذلك الوقت ، وإلى أن مات ، لم يكن يجرى تجاربه العلمية الا فى أوقات فراغه . ولم يكف قط عن خدمة مدينته ووطنه . وعندما بلغ من العمر ٨١ عاما ، وبعد انتهاء عمله فى باريس ، وكان يستعد للمودة الى وطنه أمريكا ، كتب فرانكلين الى أعز صديق عالم كان يرأسه وهو الطبيب الهولاندى جان انجن هاوس ، بأنه قد أصبح مرة أخرى رجلا حرا « بعد خمسين عاما قضيتها فى الشئون العامة » . وكان يرجو أن يذهب معه صديقه الى أمريكا حيث « يمكننا فيما تبقى لى من العمر ، أن نجرى معا الكثير من التجارب » ، ولكنه ، للأسف ، لم يستطع تحقيق هذا الأمل ، فلم تكن الأيام التى تنتظره هى أيام السعادة فى استجمام الطبيعة ، ولكن أيام الاجهاد والتعب فى وضع الدستور . وقبل ذلك بوقت طويل كان أمام فرانكلين أن يختار أحد طريقين ؛ اما طريق الفيلسوف الهادئ واما « الرجل الذى يعمل فى الشئون العامة » . ولم يتردد فرانكلين فى اختيار مصيره وقال : « لو كان نيوتن قائدا لركب واحدا لما بررت له أبدع كشفه »

بنيامين فرانكلين

ترك القيادة في ساعة خطر واحدة ، فما بالك بمصير الكومونويلث كله » .

واننا اذ نقرا هذه السطور اليوم لا يسعنا الا أن نذكر علماءنا الذين تركوا أبحاثهم الخاصة في أثناء الحرب الأخيرة لكي يخدموا وطنهم - ولكن هناك فارقا جوهريا بين الحالتين ، ذلك أن فرانكلين كان العالم الأمريكي المشهور الوحيد ذا السمعة العالمية ، ومع ذلك فقد رأى أنه يستطيع تقديم خدمة أكبر لبلاده بالسفر الى الخارج للدفاع عن حقوقها ، أكثر مما لو طبق خبرته العلمية في تصميم أجهزة جديدة للتدمير . ومع ذلك فقد كانت مكانة فرانكلين العلمية من العظمة - وهو الذي يلقب بنبوتن عصره - لدرجة أن البعض قد ظن أن الرجل الذي تمكن من تسخير البرق سوف يستخدم مواهبه لصنع سلاح رهيب جديد . وكتب هوراس والبول عام ١٧٧٧ يقول : «إن الفلاسفة الطبيعيين يمتقدون أن الدكتور فرانكلين قد اخترع آلة في حجم علبة الثقاب ومواد يمكنها أن تحيل كاتدرائية سانت بول الى حفنة من الرماد » .

لقد تناولت الأعمال العلمية التي أنجزها بنيامين فرانكلين ميادين مختلفة ، منها دراسات تعتبر الأولى من نوعها في التوصيل الحرارى ، ونشأة العواصف ، وغيرها . الا أن أكبر أعماله كانت في الكهرباء . ولقد اهتم بالكهرباء الاستاتيكية ، وهو علم الكهرباء الساكنة أو التي تتحرك في انتفاضات سريعة مفاجئة . وكانت الحقائق المعروفة عن هذا الموضوع ، قبل فرانكلين ، ضئيلة ولم تكن تفسيراتها مرضية . وعندما ترك هذا الميدان ، كان السجل خافلا

رجال علماؤنا للعلم

بمجموعة من البيانات والملاحظات الجديدة ولقد قامت
نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بجمع هذه الحقائق
وربطها ، وبذلك مهدت الطريق أمام مزيد من التقدم فى
المستقبل .

ان نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بسيطة
ومباشرة ، وتقوم على فكرة رئيسية وهى أنه توجد « مادة
مشتركة » تتكون منها الأجسام ، هى « المادة الكهربائية » ،
أو اذا استخدمنا مصطلحات القرن الثامن عشر « السائل
الكهربى » أو « النار الكهربائية » . وتحتوى جميع الأجسام
فى الحالة العادية على كمية ثابتة من السائل الكهربى .
ولكن جسما ما ، تحت ظروف معينة قد يكتسب مزيدا من
السائل الكهربى أو يفقد بعضا من رصيده منه . وفى هذه
الحالة « يتكهرب » الجسم أو « يشحن » ففي الحالة الأولى ،
عندما يكون بالجسم فائض من السائل الكهربى ، يطلق
فرانكلين على الشحنة اسم « موجب » أو « زائد » ، وذلك
دليل على أن شيئا قد أضيف إليها ؛ وفى الحالة الثانية ،
يطلق عليها اسم « سالب » أو « ناقص » لكى يدل على أن
شيئا قد فقد . وعندما ندلك قضيبا من الزجاج بقطعة من
قماش الحرير ، فان الزجاج يكتسب مزيدا من السائل
الكهربى وتصبح شحنته زائدة أو موجبة . وأكد فرانكلين
أن الكهرباء لم تخلق بالاحتكاك ، كما كان يعتقد كثير من
معاصريه ، ولكنها فى الواقع أعيد توزيعها بعملية الدلك .
فاذا اكتسب الزجاج مزيدا من السائل فلا بد أن يفقد الحرير
نفس الكمية ، وبذلك يكتسب شحنة سالبة بنفس المقدار .
ونحن اليوم نطلق على هذا اسم قانون «عدم فناء الشحنة» .

ولقد أوضح فرانكلين نظريته وشرحها بالتجربة التالية . اجلس رجلين على مقعدين زجاجيين منعزلين ، وشحن أحد الرجلين بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة . وعندما تلامست أيدي الرجلين ، فقد كان منهما شحنته لان الفائض من شحنة أحدهما عوض النقص في شحنة الآخر . فإذا لمس رجل ثالث أيا من الرجلين المشحونين ، انبمشت شرارة كهربائية وأصيب بصدمة لأنه كان لديه كمية من السائل الكهربائي أكبر نسبيا من الرجل ذي الشحنة السالبة وأقل من الرجل ذي الشحنة الموجبة .

وكانت هذه التجربة اثباتا بسيطا دراماتيكيًا لفكرة فرانكلين القائلة بأن الكهرباء عبارة عن سائل واحد . ومنذ بضع سنوات فقط كتب ج.ج. تومسون ، الذي كشف من الخواص الأساسية للالكترونات المتحركة ، يقول : « من العسير أن ننكر أو نقلل من قدر الخدمة التي أدتها نظرية السائل الواحد لفرانكلين لعلم الكهرباء ، وذلك لأنها وجهت البحوث ونسقتها » .

ولكى ندرك أهمية نظرية فرانكلين في التطبيق ، سوف نذكر مجموعتين من تجاربه كان لهما مغزى خاص . الأولى تبدأ بأحدى الحقائق العديدة التي اكتشفها فرانكلين في مبدأ الأمر والتي تعتبر الآن إحدى حقائق العلم الأساسية وهي «التأثير العجيب للأجسام المديبة» فيما يتعلق «بسحب» و «إطلاق» النار الكهربائية . فقد وجد فرانكلين أنه إذا وضع جسما مديبا مثل الابرّة بالقرب من جسم مشحون ومعزول ، فإن الابرّة تسحب الشحنة من الجسم ، ولكنها لا تفعل ذلك إلا إذا كانت متصلة بالأرض ، أي إذا كانت

متصلة باليد أو متصلة بسلك واصل الى الأرض ، أما اذا غرزت الابرّة في الشمع أو جسم عازل فانها لا تسحب الشحنة الكهربائية . وقد وجد أيضا أننا اذا حاوينا شحن جسم معدنى ذى طرف مسنن أو مدبب فان الجسم « يطلق الشحنة » بنفس السرعة التى يكتسبها . وكشف أيضا أن الجسم المشحون يفقد شحنته اذا نخلنا فوق سطحه رملا ناعما ، أو اذا تنفسنا فوقه ، أو اذا أحرقنا شمعة بالقرب منه أو اذا أحطناه بالدخان .

ظن كثير من الناس ، قبل أن يجرى فرانكلين بحوثه بحوالى خمسين عاما ، أن البرق له ، فى الغالب ، طبيعة كهربية ، ولكن ما يميز فرانكلين عن سبقوه هو أنه تمكن من تصميم تجربة لاختبار صحة هذا الفرض . صنع نموذجا صغيرا يوضح كيف أن شرارة كهربية قد تنطلق بين سحابتين مشحونتين أو بين سحابة والأرض . ثم انه طالما يمكن لموصل مدبب صغير أن يسحب الشحنة الكهربائية من جسم عازل ومشحون فى المعمل ، فانه من الممكن جدا لموصل مدبب كبير قائم على الأرض أن يسحب الكهرباء من احدى السحب المارة فى السماء . وقد أوحى هذا لمقله النشاط أن « هذه المعرفة لقوة هذه الأطراف قد تكون ذات فائدة للإنسان . فى حفظ المنازل والكنائس والبواخر وغيرها من ضربة البرق ، وذلك بأن نقيم ، فوق أعلى جزء من هذه المباني قضباناً من الحديد حادة كالابر ، ومطلية لمنع الصدا ، ونربط بأسفلها سلكا يصل خارج البناء الى الأرض ، أو ينزل حول أحد أبراج السفينة حتى يلامس الماء » .

وصف فرانكلين التجربة التي اقترح اجراءها لاختبار صحة فرضه في الكلمات التالية : « فوق قمة برج عال ضع نوعاً من أكشاك الحراسة - من الكبر بحيث يتسع لرجل وحامل كهربى - ومن منتصف الحامل مرر قضيباً حديدياً بم اتنه خارج باب الكشك لكي يصل قائماً الى ارتفاع ٢٠ او ٣٠ قدماً وبحيث يكون مديباً جداً في طرفه الأعلى . فوقه ، عندما تمر مثل هذه السحب المنخفضة ، قد يشحن بالكهرباء وتنبعث منه شرارات كهربية ، اذ يسحب له القضيب النار (الكهربائية) من السحابة . فاذا خفنا أن يتعرض الرجل للخطر (ولو أنى أعتقد أن ذلك لن يحدث) فلندعه يقف فوق أرضية الكشك ، ثم نلف حول القضيب من آخر حلقة من السلك يتصل احد طرفيها بالأسلاك الكهربائية ويمسك الرجل بالطرف الآخر عن طريق مقبض من الشمع ، بحيث تمر الشرارة اذا تكهرب القضيب منه مباشرة الى السلك ولا تؤثر في الرجل » .

وكان أول من أجرى تجربة « كشك الحراسة » الشهيرة رجل يدعى دالبيار في فرنسا في العاشر من شهر مايو عام ١٧٥٢ ، وكان قد ترجم كتاب فرانكلين الى الفرنسية بناء على رغبة العالم الطبيعى جورج دى بوفون (وقد أعجب الملك لويس الخامس عشر بكتاب فرانكلين لدرجة أنه أمر أن تجرى بعض التجارب التي جاء ذكرها في الكتاب أمامه) . ثم أعيدت هذه التجربة في إنجلترا بعد ذلك بقليل . ثم ازداد عدد الناس الذين أثبتوا صحة فرض عالم مدينة فيلادلفيا . وقام أحد رجال الصناعة البريطانية بالاعلان عن بيع آلة جاهزة « لاجراء التجربة التي أثبتت صحة نظرية

فرانكلين الجديده عن البرق » . ولم يجر فرانكلين التجربة بنفسه لأنه كان يفتقد أنه لابد من بناء من ترفع لاجرائها فوقه وكان ينتظر الانتهاء من بناء البرج العالى فوق كنيسة المسيح فى فيلادلفيا . وبعد أن طبع الكتاب ، ولكن قبل أن تصل انباء نجاح تجربة داليمبار فى أوروبا . فكر فى مشروع الطائفة الورق كبديل للبناء العالى ثم أجرى التجربة عليها .

★★★

وضع فرانكلين تصميم تجارب واجهزة اخرى لاختبار شحنة السحب ، وكان من انطقها ذلك الزوج من الأجراس الذى وضعه فى مكتبه ، واصل أحد الجرسين بسلك الى الأرض والأخر بقضيب موضوع فوق السطح ، وعلق كرة بين الجرسين ، فاذا مرت سحابة مشحونة بالكهرباء فوق المنزل فإن الكرة تتحرك وتضرب الجرسين . ولقد أوضحت دراسات فرانكلين الدقيقة أن السحب قد تحمل شحنات موجبة أو سالبة ، واستنتج من ذلك أن البرق يمر من الأرض الى السحاب بقدر ما يمر من السحاب الى الأرض . ولم تتأيد صحة هذه النظرية الا فى وقتنا الحاضر بواسطة البحوث التى قام بها ب . ج . ف . شونلاند ومساعدوه فى جنوب أفريقيا .

وأكسبت هذه الدراسات للبرق أو ذلك الاختراع للقضيب المانع للصواعق ، فرانكلين شهرة عالمية ، ولكن العلماء المعاصرين له كانوا أشد إعجابا بتحليله للمكثف الكهربى ، وهو العمل الذى توج شهرته العلمية .

وكان المكثف ، بالشكل الذى عرف به فى القرن الثامن عشر ، عبارة عن وعاء زجاجى تغلفه من الخارج صفيحة معدنية ومملوء بكرات معدنية صغيرة أو الماء أو صفيحة

معدنية • والوعاء مغطى بغطاء خشبي يمر منه قضيب في طرفه الأعلى كرة ومعلق من طرفه الأسفل سلسلة معدنية تنغمس في الماء أو الكرات المعدنية • وكان يسمى هذا الجهاز ، الذي اخترع عام ١٧٤٠ ، « وعاء لايدن » ، لأن أحد الذين اكتشفوه ، كان بيتر فان موسشنبروك الأستاذ في لايدن • والصفة الرئيسية للمكثف هي أنه عبارة عن عازل (مثل الهواء أو الزجاج أو الشمع أو الورق) بين سطحين موصلين متصلين اتصالاً وثيقاً بالمازل • وفي أول وعاء لايدن كان الموصل الداخلى هو الماء والمازل هو الزجاج والموصل الخارجى هو يد أحد الرجال • وقد طور موسشنبروك هذا الوعاء بينما كان يجرى بعض التجارب على آلة كهربية تشحن كرة زجاجية تدور ، وذلك بدلها في يد الشخص الذى يقوم بالتجربة • وكان ينقل الشحنة الى ماسورة بندقية معلق فى طرفها سلك متغمس جزئياً فى وعاء زجاجى مستدير ملىء بالماء • وعندما أمسك موسشنبروك بالوعاء فى يده اليمنى وحاول أن يسحب شرارة كهربية مع ماسورة البندقية بيده اليسرى « أصبت لدرجة أن كل جسمي قد اهتز كما لو كان قد صعق ، واعتقدت أنني انتهيت » •

وكان المكثف جهازاً رائئاً ، وبجمله أكبر وأكبر فى الحجم ، كان من الممكن الحصول منه على صدمات كهربائية أشد وأقوى • ومن الجلى أن الكهرباء كانت تتراكم فيه بشكل أو بآخر • وكان من الممكن ، لسبب غير معروف بدقة ، ونتيجة تركيبه الخاص ، أن تتراكم فيه كمية من

الكهرباء تفوق الكمية التي يمكن ان تتراكم في اى شيء اخر
يمائله في الحجم . وكان الاعتقاد السائد ، وقتئذ ، ان
السائل أو السوائل الكهربائية ، تتكثف بداخله . كتب
موسشنبروك خطابا وصف فيه تجربته ونشر هذا الخطاب في
« مذكرات » أكاديمية العلوم الفرنسية ، وانهى خطابه
بالتصريح المشهور وهو انه لن يتلقى أبدا مثل هذه الصدمة
حتى ولو نال في سبيل ذلك ملك فرنسا . وأدى ذلك الى أن
ينقده بريستلي علنا ويطلق عليه اسم « الأستاذ الجبان » .
ويقارن بينه وبين « مستر بوز الشجاع ، الذي نادى بفلسفة
بطولية جديدة بأبيدوقليس الشهير ، وكان قد عبر عن
استعداده لأن يموت بالصعقة الكهربائية ، مقدما بذلك مادة
لمقالة في مذكرات أكاديمية العلوم الفرنسية » . ثم أشار
بريستلي الى شخص يدعى ريتشمان ، كان قد قتل في أثناء
اجراء تجربة فراذكليين عن كشك الخراطة ، وعلق على ذلك
قائلا : « ليس من نصيب كل كهز يائس أن يموت ميتة ريتشمان
التي استحق أن يحسد عليها » .



وكان جميع علماء الكهرباء في أوروبا يعجبون
ويتساملون عن الطريقة التي يعمل بها وعام لا يذنب . كتب
بريستلي : « ان كل شخص شغوف بأن يرى ، بل وأن يلمس
التجربة ، رغم الحادث الفظيع الذي وقع » . وقد ارضى
الجهاز الجديد شغف البلاط الفرنسي بالعلم وحبه للمظاهر ،
وجمل مائة وثمانين جنديا من جنود الحرس يقفزون في
الهوام بدقة فاقت دقة جنود الخرس في القيام بأية
مناورات . وأمسك سبعمائة من رهبان باريس أيدي بعضهم

البمض ، ثم أفرغت شحنة وعاء لايدن فيهم فقفزوا في الهواء بتوقيت دقيق ففاق دقة أحسن راقصى الباليه وتكونت فرق للمروض الكهربائية وجالت في أنحاء العالم تجمع الثروات •

ولقد أوضحت الدراسات الدقيقة لموضوع المكثف الذى دار حوله جدل كثير ، أن فرانكلين كان أستاذا قديرا فى فن اجراء التجارب العلمية • اذ أثبت أن شحنة الموصل الداخلى تكون دائما عكس شحنة الموصل الخارجى وأن الشحنتين متساويتان فى الكمية ، أى انه عند شحن الوعاء يكتسب أحد الموصلين نفس كمية « السائل الكهربى » التى يفقدها الآخر • وكتب فى هذا الصدد : « وفى الحقيقة أن الوعاء (لايدن) لا يحتوى كمية أكبر من النار الكهربائية بمقد شحنه ، ولا كمية أقل بعد تفريغ الشحنة » • ولكى يبرهن على قوله هذا ثبت سلكا فى النطاق المعدنى الخارجى لوعاء لايدن ووضع به حيث يكون قريبا من الكرة المتصلة بالماء داخل الوعاء ، ولكنه ليس من القرب بحيث يولد شرارة عندما يشحن الاناء • ثم وضع الوعاء على حامل عازل عبارة عن قطعة من الشمع وعلق قطعة من الفلين فى خيط بين السلك والكرة • ولاحظ أن قطعة الفلين « تتراقص بدون توقف من طرف الى الآخر ، الى أن يفقد الوعاء ما به من كهرباء » • أى أن قطعة الفلين كانت تنقل الشحنة من الموصل الموجب الى الموصل السالب حتى عاد التبادل بينهما •

★★★

وقد أوضح فرانكلين أن أهم شيء هو « أن قوة الزجاجة وقدرتها على اعطاء صدمة كهربية ، تكمن فى الزجاج نفسه • ولكن كيف يمكنك ، أيها القارئ ، أن تثبت أين « تكمن

قوة الوعاء » • ان كل تلميذ يعلم اليوم أن الأسلوب الوحيد لذلك هو اختبار كل جزء من الجهاز على حدة ، ومعرفة الدور الذى يؤديه • ولكن من الواضح أن هذه القاعدة البسيطة لم تكن تعتبر أمرا بديهيا فى أيام فرانكلين ، وذلك نظرا لفشل معاصريه فى القيام بهذا النوع من التحليل الذى اتبعه فرانكلين لدراسة هذا الموضوع •

لقد شحن فرانكلين وعاء لايدن موضوعا فوق زجاج ثم سحب بحذر قطعة الفلين والسلك الساقط منها فى الماء ثم أمسك بالوعاء فى إحدى يديه وقرب اليد الأخرى من قوة الوعاء • « فخرجت من الماء شرارة كبيرة ، وكانت الصدمة عنيفة كما لو كان السلك مازال مغموسا فى الماء ؛ مما أثبت أن القوة لا تكمن فى السلك » • فإذا لم تكن القوة فى السلك فلعلها تكون فى الماء ذاته • وأعاد فرانكلين شحن وعاء لايدن ثم أعاد سحب قطعة الفلين ، كما فعل فى المرة السابقة ، ثم سكب الماء بحذر فى وعاء لايدن آخر فارغ موضوع على مثل الوعاء الأول فوق جسم زجاجى عازل • ولكن الوعاء الثانى لم يكتسب أية شحنة بعد هذه العملية • وكتب فرانكلين : « فاستنتجنا من ذلك أن [الشحنة أو القوة] أما أن تكون قد فقدت فى أثناء صب الماء وأما أنها بقيت فى الوعاء الأول • وقد وجدنا الاحتمال الأخير هو الصحيح ، وذلك لأن الوعاء الأول أعطى صدمة كهربية حتى بعد أن ملئ وهو فى وضعه فوق العازل بكمية من الماء غير المكهرب من أثناء الشأى » •

ومن هذا يتضح أن العنصر الرئيسى هو الزجاج أو العازل الموجود بين الموصلين فى وعاء لايدن • ولكن بقي

اثبات ما اذا كان « الزجاج يمتلك هذه الخاصية باعتباره مجرد زجاج ، أم أن [الوعاء] قد أسهم فى هذا الأمر » .

وكان القسم التالى من التجربة هو اختراع المكثف ذى اللوحين المتوازيين ، فقد وضع فرانكلين قطعة كبيرة من الزجاج بين لوحين مربعين من الرصاص متساويين فى المساحة ولكنهما أصغر قليلا من مساحة الزجاج . وعندما شحن المكثف أزال فرانكلين لوحى الرصاص اللذين كان عليهما كمية صغيرة من الشحنة ، ولاحظ أنه يمكن توليد شرارة كهربية فى الزجاج من أية نقطة يلمس فيها . وعندما أعيد لوحا الرصاص الخاليان تقريبا من الشحنة الى موضعهما على جانبي الزجاج ، ثم وصلا بسلك « تولدت شرارة عنيفة » . وعندما تجرى هذه التجربة اليوم أمام التلاميذ فانها تسمى « تجربة المكثف ذى الأجزاء المنفصلة » . وتفسر بأن المازل - أو الزجاج - قد استقطب فى أثشاء شحنته ، أى أنه صار مكهربا . وهناك بعض أنواع من الشمع يمكن أن تستقطب بهذا الشكل بمجرد تسخينها ثم اعادة تبريدها . ومثل هذا الجسم المكهرب اما أن يعطى من نفسه كمية ضئيلة من الشحنة واما لا يعطى أية شحنة على الإطلاق ، ولكن اذا وضعنا موصلين على جانبيه ، فاننا نحصل على مكثف مشحون يمكن تفريغ شحنته كأي مكثف آخر . وهناك حقيقة أخرى اكتشفها فرانكلين وتدرس للطلبة اليوم ، وهى أن الصدمة الكهربائية التى يعطيها المكثف ذو المازل الرفيع ، أكبر من الشحنة التى يعطيها المكثف ذو المازل السميك .

وكانت تجربة فرانكلين عن قطعة الفلين المتأرجحة بين الموصلين تحمل فى طياتها بذرة فكرة عظيمة لم يدركها

فرانكلين ذاته ، فنحن نعلم اليوم أن المكثف لا يفقد شحنته دفعة واحدة ، ولكن في سلسلة متتالية من الذبذبات ، وهي حقيقة في غاية الأهمية بالنسبة لعلم اللاسلكى وعلم الالكترونيات الحديث .

ولقد سجلت تجارب فرانكلين الفريدة ونظرياته الرائعة بدم عهد جديد في علم الكهرباء ، فقد اكتشف ما يعرف اليوم باسم تأثير فاراداي ، وهو أن الشحنة انتى على جسم أسطوانى (أو كرة فارغة) تكون على سطحها الخارجى فقط . ولم يستطع فى مبدأ الأمر تفسير هذه الظاهرة . ولكن جاءه الجواب فيما بعد وهو أن « السائل الكهربى يتناثر ذاتيا ، وأن تناسق الموصل يؤدي الى أن يوزع السائل نفسه على السطح الخارجى . ومن هذا التفسير ، توصل جوزيف بريستلى صديق فرانكلين الى أن قانون الفعل الكهربى لابد أن يتبع قانون التربيع العكسى تماما مثل قانون الجاذبية . ومع أن هذا الاستنتاج كان قد نشر الا أن أحدا لم ينتبه اليه وبقي مجهولا لى يعيد تشارلس كولوم اكتشافه بعد عشرات السنين ولكى يطلق عليه اسم « قانون كولوم » .

غير أن هناك مزية أخرى لنظرية فرانكلين ، وهى سهولة اجراء القياسات ، اذ ركزت الانتباه على كمية « السائل الكهربى » أو الشحنة التى يكتسبها أو يفقدها الجسم . وعند اجراء تجربة على جسمين فانه لا يهم أى الجسمين يستخدم لأن قانون عدم فناء الشحنة لفرانكلين يعنى أن كمية الشحنة التى اكتسبها أحد الجسمين ، تساوى كمية الشحنة التى يفقدها الآخر . وقد بنى علماء الكهرباء الذين كانوا

أول من أجرى قياسات الكمية الكهربائية - من أمثال فولتا وبنيت وكانتون وكافنديش وهينلي - بنوا هذه القياسات على نظرية فرانكلين عن السائل الواحد وعلى قانون عدم فناء الشحنة المستمد من هذه النظرية .

وكثيرا ما يقال ان فرانكلين كان أمريكيا تماما في معالجته للعلم ، أى انه يهتم أساسا ، ان لم يكن كلية ، بالاستفادة من تطبيقاته . وصحيح انه عندما كشف أثر الموصلات المديية المتصلة بالأرض ، طبق هذا الكشف فى اختراع مانعة الصواعق ، ولكنه لم يكشف هذه الحقائق لحي يخترع مانعة الصواعق . والواقع أن اختراعات فرانكلين كانت من نوعين ، أحدهما لمجرد التطبيق ، مثل اختراعه للزجاج ذى البورتين ، والذى لم يكن يحتاج الى معرفة عميقة للنظريات الضوئية ، وكذلك اختراعه جهازا لاضمار الكتب من الأرفف دون الوقوف فوق أحد الكراسى . ومن الناحية الأخرى ، فان اختراع مانعة الصواعق تطور عن طريق البحث العلمى الحديث . ولو كان فرانكلين قد اقتصر على معالجة العلم بشكل تطبيقي وانتفاعى لكان من المشكوك فيه أن يدرس موضوع الكهرباء على الاطلاق ، ففى القرن الثامن عشر لم يكن هناك سوى تطبيق عملى واحد للكهرباء ، ألا وهو استخدام الصدمات الكهربائية فى العلاج ، وبالدات فى علاج الشلل . (ومع العلم بأن فرانكلين قد اشترك أحيانا فى مثل هذا العلاج الا أنه لم يكن يؤمن أن الصدمة نفسها كانت تسبب علاج المريض بالشلل ، ولكن بصيرته النفاذة ، والمامه بعلم النفس ، جعلاه يدرك أن حالات الشفاء انما تتم

لرغبة المريض فى الشفاء أكثر منها بسبب مرور السائل الكهربى) *

لقد درس فرانكلين الطبيعة رغبة منه فى استجلاء أسرارها ، واختار علم الكهرباء الاستاتيكية لأن المصادفة جلبت له الأجهزة التى يمكنه بواسطتها دراسة هذا الموضوع ، ولأنه سرعان ما أدرك أن هذه الدراسات تتفق وميوله ومواهبه *

جاء فى نهاية إحدى رسائله الميسرات التالية المليئة بالتواضع التى يجدر أن يتخذها المشتغلون فى البحث العلمى تبراسا لهم : « ان كثيرا من هذه الأفكار ، يا صديقى العزيز ، فجأة وفيها تسرع ، ولو كنت طموحا لاكتساب الشهرة فى الفلسفة (يعنى الفلسفة الطبيعية ، أو العلوم) لوجب على أن أحتفظ بهذه الأفكار لنفسى حتى أصبحها بمرور الزمن وباجراء مزيد من التجارب . ولكن لما كانت الإشارات العابرة والتجارب الناقصة فى أى فرع جديد للعلم تؤدي ، عند تناقلها الى نتائج وآثار طيبة ، وذلك باثارة شغف النابهين الى الموضوع . . فانك فى حل من اطلاع من تحب على هذه الرسالة . واننى أفضل أن تزداد المعرفة عن أن يقال ان صديقك فيلسوف دقيق » *

وباكتشاف الالكترونات والبروتونات والنيوترونات تسامل كثير من كتاب هذا العصر عما اذا كانت نظرية فرانكلين عن السائل الواحد أقرب للمفهوم الحديث للكهرباء أم نظرية معاصريه عن السائلين ، وفى رأى أن هذه المناظرات لا معنى لها وأن هذا الجدل لا قيمة له ، فان

أهمية الأعمال التي أداها فرانكلين لعلم الكهرباء لا تكمن في درجة شبيها لهذه النظريات الحديثة ، ولكنها تكمن في تأثير بحوثه على فتح الطريق الذي أدى بنا الى التوصل للنظريات الحديثة .

وفي الوقت الذي قام فيه فرانكلين بدراساته ، كان العلم واقعا تحت تأثير اسحاق نيوتن ، الذي أوضحت تعاليمه ونظرياته أن حركة العالم يمكن تفسيرها بوساطة قوانين رياضية بسيطة . وقد أقنع نيوتن كل الناس تقريبا بأن الرياضيات والقوانين الرياضية هي الحل الوحيد والمفتاح لفهم الطبيعة . غير أن كثيرا من الناس نسوا أن تطبيق التحليل الرياضي على حركة الأجرام السماوية وفوق الأرض صار ميسورا لأن الحقائق كانت قد جمعت وصنفت ، وكانت في حالة يمكن لمبقريته الفذة أن تصنع منها أعظم تخليقات العصر العلمي الحديث . أما بالنسبة للضوء ، فإن نيوتن لم يصنع ما صنعه في علم الميكانيكا ، كما لم يستطع أن يضع كشفه « الكمية أو النوعية » في قالب قوانين رياضية عامة . كان نيوتن في علم الضوء أحد الجهابذة الذين وقف على اكتشافهم بعض المخلقين ممن خلفوه . وعلى العكس من كتاب « البرنكيبيا » الذي وضع له نيوتن الشعار التالي : « أنا لا أضع فروضا » ، فإن كتابه « البصريات » يحتوي على مجموعة طويلة من « التساؤلات » التي ناقش فيها التفسيرات المحتملة لمشاهداته . وهذه تشبه تخمينات فرانكلين عن الظواهر الكهربائية . ففي عصر فرانكلين لم تكن حالة علم الكهرباء تسمح بوضع تفسير رياضي شامل ، تماما كما كانت حالة علم الضوء في عصر نيوتن ، وكان العلم في حاجة

الى جهايزة يقومون بالكشف عن حقائق الشحنة ، والتوصيل ،
والتوصيل الأرضى ، والعزل وتأثير شكل الموصلات ، وغيرها ؛
جهايزة يصنعون نظرية قابلة لتفسير هذه الظواهر وتوحيدها
بحيث تجذب الانتباه الى العناصر الرئيسية التى يمكن
قياسها . ولقد مهد نجاح فرانكلين الطريق أمام نظريات
القرن التاسع عشر الرياضية .

ولكن الأهم من ذلك ، أن تمكنه من فن اجراء التجارب ،
وتفسيراته الناجحة المتماكة التى عبر عنها فى عبارات
فيزيائية ومفاهيم بسيطة ، والحقائق الكثيرة الجديدة التى
كشف عنها النقب ، أعطت علم التجربة شرفا جديدا فى أعين
معاصريه فى القرن الثامن عشر .

كتب الفيلسوف الفرنسى ديدرو ، فى رسالة عن تفسير
الطبيعة ، أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء ، مثل أعمال
الكيميائيين ، يمكن أن تعلم الانسان طبيعة فن التجربة
وأسلوب استخدام التجارب فى البحوث لكشف النقب عن
الطبيعة دون مضاعفة خباياها .

وبمثل هذا الفهم ، آمن معاصرو فرانكلين به باعتباره
نيوتن الجديد ، وكان هذا أول عمل عظيم تقدمه أمريكا
للتفكير العلمى . وفى ضوء هذه الحقائق لا يبقى شك فى
مكانة فرانكلين العلمية ولا فى حقه فى أن يعتبر أول عالم
أمريكى .



ميخائيل فاراداي

يشتهر ميخائيل فاراداي بأنه صاحب التجارب التي أدت الى كشف كهرباء الحث • ويتجاهل التاريخ أنه كان أيضا أحد عظماء مؤسسى الفيزياء الحديثة • وبقينا ، يمكننا القول بأنه الرجل الذى بدأ الثورة التى حطمت حكم نيوتن الطويل والتى أعادت بناء الفيزياء على أسس نظرية جديدة ، وذلك لأن فاراداي كان العالم الأول الذى اقترح فكرة المجال ، وهو المفهوم الذى أصبح فيما بعد الركن الأساسى فى نظرية جيمس كلارك ماكسويل الكهربائية المغناطيسية ، والنظرية العامة لألبرت آينشتين عن النسبية ، وتقدم القرن العشرين نحو فهم حقائق الطبيعة •

ومما يدعو الى العجب فى هذا المجال أن المام فاراداي بالرياضيات كان ضئيلا ، ولم يعتمد فى دراسته المرحلة الابتدائية ، الشيء الذى يجعل كثيرا من علماء الفيزياء المعاصرين لا يتصورون كيف أتم أعماله العظيمة • والحقيقة أن جهل فاراداي بالرياضيات ساعد فى إلهامه ، واضطره حين كان يبحث عن تفسير للظواهر الكهربائية والمغناطيسية التى يشاهدها ، الى وضع وتطوير مفهوم بسيط غير رياضى •

ولعل كشفه لنظرية المجال يوضح صفتيه اللتين عوضتا نقص تعليمه ألا وهما خياله الرائع ، واستقلال وأصالة تفكيره .
وقد أكد المؤرخون قدرات فاراداي العقلية الجبارة وتعلقه الكبير بتجاربه العلمية . ومن حسن حظ مؤرخيه ، أنه كتب كل شيء عن حياته ، فمذكراته وملاحظاته نشرت في سبعة مجلدات . وكان اهتمامه مركزا على علمي الفيزياء والكيمياء . وكان اهتمامه بالنساء قليلا (ولو أنه تزوج) واهتمامه بالمال أقل . وكان في إمكانه أن يحصل على ثروة هائلة من كشافه ولكنه كان يتمسك أن يترك كل مشروع علمي عندما يصل الى مرحلة القيمة التجارية . والواقع أن فاراداي ولد فقيرا ، ومات فقيرا ، وكان عمله الذي استغرق حياته خير مكافأة له .

ولد فاراداي من أب يعمل حدادا ، بالقرب من لندن في ٢٢ سبتمبر عام ١٩٧١ . وكانت عائلته فقيرة فلم يستطع أن يتم تعليمه . جاء في مذكراته : « كان تعليمي من النوع المادى جدا ، لا يتعدى الايام بالقراءة والكتابة والحساب ، في إحدى المدارس الصباحية العامة . وكنت أقضي وقتي خارج المدرسة اما في المنزل واما في الشارع » . وفي سن الثالثة عشرة اشتغل ساعيا في ورشة لتجليد الكتب يديرها رجل يدعى ريبو . وبعد سنة عينه ريبو صبيا في عملية التجليد بمقدار سبعة سنوات . ولقد أبدى فاراداي شغفا كبيرا بكتب ريبو . وكتب في مذكراته : « عندما كنت أعمل صبيا ، شغفت بقراءة الكتب العلمية التي كانت تقع في يدي ، ومن بينها كتاب مارسيت «مناقشات في الكيمياء» ، وما جاء في الموسوعة البريطانية عن الكهرباء » ثم حضر

فاراداي بعض المحاضرات عن الكيمياء التي كان يلقيها العالم الشهير سير همفري دافى ، ودون عنها مذكرات دقيقة ومرتبطة . ثم قدم طلبا لكي يعمل فى الجمعية الملكية ، ورفض هذا الطلب .

وعندما انتهت فترة تمرين فاراداي فى ورشة التجليد عام ١٨١٢ ، اشتغل منجلا متجولا للكتب مع مسيو دى لاروش ولكنه لم يكن سعيدا بهذا العمل ، ولذلك سرعان ما قدم طلبا للعمل الى سير دافى ، وقدم مع طلبه هذا مذكراته عن محاضرات الكيمياء كدليل على جديته . وكان دافى رجلا حكيما وتأثر من هذه المذكرات فعين فاراداي سكرتيرا له ، ولكنه فصله من خدمته ، بعد بضعة شهور ، ونصحه أن يعود الى عمله فى تجليد الكتب . ولم يمض زمن طويل حتى غير دافى رأيه وأعاد فاراداي الى خدمته مساعدا لمعمله .

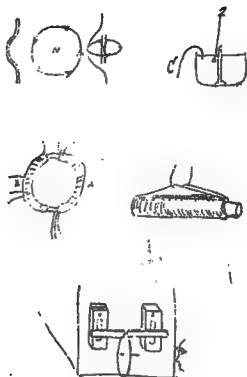
ومنذ ذلك الحين كرس فاراداي معظم وقته للعمل فى بعوثة العلمية . وبعد جولة استغرقت عامين فى أوروبا مع سير همفري ، استقر فاراداي للعمل فى معمل دافى . وأجرى من التجارب فى الكيمياء ، والكيمياء الكهربائية ، والتعدين ما كان يكفى لتثبيت سمعته كعالم ، فقد كشف البنزين ، وأنتج لأول مرة الصلب غير القابل للصدأ ، وكان أول من حول كثيرا من الغازات الى سوائل ، وكشف قوانين التحليل الكهربى ، والدوران المغناطيسى لمستوى الضوء المستقطب . ولكن ما يهمنى فى هذا المجال هو عمله الأساسى فى الكهرباء المغناطيسية .

فى عام ١٨٢٠ ، أعلن عالم الفيزياء الدانمركى هانز كريستيان أورستد عن كشفه لوجود علاقة بين المغناطيسية

والكهرباء ، فقد وجد أن مرور تيار مستمر في سلك يسبب انحراف ابرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من السلك .
ولذلك فقد استنتج أورستد وجود مجال مغناطيسي محيط بالسلك الكهربى ، ويعمل على شكل حلقات حول السلك وعمودية عليه ، وفى السنة التالية استبدل العالم الفرنسى أندريه مارى امبير بالابرة المغناطيسية سلكا آخر يمر به تيار كهربى ، ولاحظ وجود قوة جذب أو تنافر مغناطيسى بين السلكين ، الأمر الذى كان يعتمد على اتجاه مرور التيار .

اهتم دافى وفاراداي ، برغم انشغالهما بالبحوث الكيمائية ، بهذا الكشف الكهربى المغناطيسى الجديد .
وأعاد التجارب لكى يتأكد من صحته . وفى نفس الوقت اقترح العالم الانجليزى المرموق وليام هايد وولاستون على دافى احتمال أن يؤدى المجال المغناطيسى الى الدوران . وقد فسر فاراداي هذا بدوران السلك حول محوره ، ولكنه فشل فى الوصول الى مثل هذه النتيجة . غير أنه سرعان ما توصل ، سواء منفردا أو بعد سماعه بنظرية أورستد ، الى التأثير الدائرى والعمودى للمجال المغناطيسى حول الموصل . ولذلك فقد تصور أنه اذا وجد قطب مغناطيسى فانه لابد أن يدور حول الموصل ، وأن العكس لابد أن يكون صحيحا ، أى أن الموصل ذاته لابد أن يدور أيضا حول قطب مغناطيسى .

وبدأ فاراداي فوراً فى إجراء التجارب الشهيرة التى أدت الى كشفه المبادئ الأساسية للمحرك الكهربى . وفى أول تجربة ثنى سلكا كهربيا على شكل « بنطة النجار » ، ومرر أحد طرفى السلك فى قطعة من الفلين عائمة فى



رسم من مذكرات فاراداي تبين التقسيم في تجاربه الكهربيه والمغناطيسية . فالرسم الأعلى الى اليسار يبين كيف فنى سلكا موصلا على شكل منحنى ، يطفو احد طرفيه على قطعة فلين فوق زئبق ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى المنحنى ، مما سبب دوران السلك حول القضيب ، وهذه اول تجربه فى الدوران الكهربى لمغناطيس . ثم ثبت بعد ذلك المغناطيس رأسيا فى حوض به زئبق ، كما يبين الشكل الأعلى الى اليمين ، لكى يسمح للموصل العائم أن يدور تماما حوله ، وهذه هى نظرية المحرك الكهربى . وفى عام ١٨٣١ ، لف سلكين (أو ملفين) ٩ ، ب حول حلقة من الحديد ، ثم وصل أ ببطارية ، كما يبين الشكل الأوسط الى اليسار ، فتسبب هذا فى مرور تيار متقطع فى ب ، وبهذا اكتشف التيار بالحث . وعندما أدخل وأخرج قضيبا مغناطيسيا فى أسطوانة مجوفة وملف متصل بجلفانومتر ، كما فى الشكل الأوسط الى اليمين ، أثبت أن التيار يمكن أن يتولد بالحث بواسطة الحركة النسبية للموصل والمجال المغناطيسى ، وهذه نظرية المولد الكهربى . والشكل السفلى يبين كيف أدار فاراداي قرصا من النحاس بين قطبي المغناطيس المركب للجمعية الملكية ، فولد بذلك تيارا مستمرا بالحث - ميلاد الدينامو .

حوض به زئبق ، وأوصل الطرف الآخر ببطارية بوساطة
فنجان فضى مقلوب ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى الجزء
المحنى من السلك ، وعندما مر التيار الكهربى فى الدائرة
الكهربية دار الجزء المنحنى من السلك الى أن اصطدم
بالقضيب المغناطيسى الثابت . ثم طور فاراداي التجربة
بحيث يتمكن السلك من الدوران حول المغناطيس دون
عائق ، فاستخدم قطعة مستقيمة من السلك يمر أحد طرفيها
بقطعة فلين طافية فى وعاء الزئبق . ولقد أدى مرور التيار
الكهربى الى دوران السلك المستمر حول المغناطيس . وعندما
عكس اتجاه التيار ، دار السلك فى الاتجاه المضاد . وتبين
الأشكال المرسومة فى الصفحة ١٦١ ، الرسومات المبسطة
لهاتين التجربتين التى رسمها فاراداي نفسه .

ثم استطرد فاراداي لاجراء التجربة العكسية لكي
يرى ما اذا كان المغناطيس يدور حول موصل ثابت . وفى
هذه الحالة ، كان القضيب المغناطيسى (وقد وضع ثقلا من
البلاتين بطرفه الأسفل) يطفو بحرية فى الزئبق وكان السلك
ثابتا . وكما توقع فاراداي دار المغناطيس حول السلك
الذى يمر به التيار الكهربى .

★★★

وعندما نشر فاراداي نتائج هذه التجارب اتهم فى الحال
بإستخدام أفكار وولاستون دون وجه حق . والواقع أن
فاراداي أسام تفسير رأى وولاستون وأخذ على أنه
يعنى دوران السلك حول محوره . أما تجاربه ونتائجها
فكانت من عنده . وبمضى الوقت زال سوء التفاهم ، وشرح
فاراداي لعضوية الجمعية الملكية . وقد زكى وولاستون

ترشيح فاراداي ، ولكن دافى صوت ضده ، ولعل ذلك بسبب غيـرته . ومع ذلك فقد انتخب فاراداي عضوا عام ١٨٢٤ .

وبعد ذلك ، ترك فاراداي تجاربه عن الكهربية المغناطيسية وعاد الى الكيمياء . ولكن فكرة لا يمكن تجاهلها ظلت هالقة بذهنه . اذا كان التيار الكهربى يولد المغناطيسية ، ألا يمكن للمغناطيس أن يولد تيارا كهربيا ؟ وفى عام ١٨٢٤ ، ومرة أخرى فى عام ١٨٢٥ ، حاول أن يولد تيارا كهربيا بالحث فى سلك بوضع مغناطيس بالقرب منه ، ولكن هذه المحاولات فشلت . ولم يكن قد قدر بعد أهمية الحركة فى الظاهرة التى أوضحها أورستد . ان حركة التيار الكهربى فى السلك التى أوجدت المغناطيسية . ولكى يحصل على التأثير العكسى ، كان لابد أن يحرك المغناطيس بالنسبة للسلك .

وفى عام ١٨٣١ ، أنهى فاراداي بحوثه الكيميائية وكرس نفسه كلية للمسألة التى كانت تلح على فكره . وفى يوم واحد - ٢٩ أغسطس ١٨٣١ - وجد الاجابة التى دلت على الطريق الصحيح . بدأ تفكيره هذه المرة من الحالة المماثلة للحث فى الكهرباء الاستاتيكية . وكان معلوما أن جسما مشحونا يستطيع أن يولد شعنة كهربية بالحث على جسم آخر قريب منه . واذن ، فلعل تيارا كهربيا فى سلك يولد تيارا بالحث فى سلك آخر على مقربة منه ولاختبار صحة هذه الفكرة أجرى فاراداي تجربة بدائية غريبة ، يوضحها الرسم الأوسط فى الصفحة ١٦١ . واليك ما جاء فى مذكراته عن هذه التجربة الشهيرة :

« لقد صنعت حلقة من الحديد المطاوع • وكان الحديد دائريا سمكه $\frac{1}{8}$ بوصة ، والقطر الخارجى للحلقة ست بوصات • ولففت عدة لفات من سلك نحاسى حولها بحيث يفصل الملفات ذوبارة وقطع من قماش القطن • وكانت هناك ثلاثة أطوال من السلك ، كل منها ٢٤ قدما ، ويمكن توصيلها معا أو استخدامها منفصلة • ثم عزلت كلا من هذه الأطوال عن الآخر ولنطلق على هذا الجانب الحلقة أ • وفى الجانب الآخر ، وعلى مسافة منه ، لففت سلكا مكونا من قطعتين ، يصل طولهما الى حوالى ٦٠ قدما ، واتجاه اللف هو نفس اتجاهه فى الملف السابق • ولنسم هذا الجانب من الحلقة ب •

« وشعنت بطارية من عشرة أزواج من الألواح مساحة كل منها أربع بوصات مربعة • وجعلت الملف الذى على الجانب ب ملفا واحدا ، وأوصلت طرفه بسلك نحاسى يصل الى مسافة ثلاث أقدام من الحلقة ويمر فوق ابرة مغناطيسية ، ثم أوصلت طرفى احدى القطع التى على الجانب أ بالبطارية • ظهر فى الحال تأثير ملحوظ على الابرة ، اذ تارجعت ثم عادت الى وضعها الأسمى • وعند قطع اتصال الجانب أ بالبطارية حدث اضطراب آخر فى الابرة » •

لاحظ فاراداي أنه عند قفل الدائرة تنعرف الابرة فى أحد الاتجاهات ، وعندما تفتح الدائرة تتحرك الابرة فى الاتجاه المضاد • ولكن لا يحدث أى انحراف عندما تسرى الكهرباء فى الملف الأول •

وأخيرا حصل على الكهرياء من المغناطيسية • ولكنه لم يكن راضيا ، فقد كان يتوقع أن يسبب التيار في الملف الابتدائي تيارا مستمرا في الملف الثانوي ، ولكن بدلا من ذلك ، نتجت فقط تأثيرات مؤقتة في لحظة اغلاق وفتح الدائرة في الملف الابتدائي • ومع ذلك فقد كان لديه احساس بأنه قاب قوسين أو أدنى من النجاح ، وكتب الى أحد أصدقائه قائلا : « انتى مشغول فى الوقت الحاضر فى الكهرياء المغناطيسية ، وأعتقد أنى أمسكت بشئ ذى قيمة ، ولكنى لا أستطيع ان أحده • ولعلى بعد كل هذا الجهد قد أمسكت بقطعة من المشب بدل السمكة التى أبحث عنها » •

واستمر فاراداي فى اجراء تجاربه ، وفى ١٧ من أكتوبر عام ١٨٣١ ، أجرى تجربة أوضحت أنه أمسك بسمكة كبيرة جدا • وفى هذه التجربة - وهى أبسط وأشهر تجاربه - لف ملفا حول أسطوانة مجوفة من الورق ، وأوصل طرفى الملف بجلفانومتر • وعندما دفع قضيبا مغناطيسيا بسرعة داخل الملف ، انحرفت ابرة الجلفانومتر ، وعندما سحب القضيب المغناطيسى انحرفت الابرة مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد • والواقع أنه لم يكن هناك اختلاف سواء حرك المغناطيس أو الملف ؛ ففي الحالتين حصل على تيار بالحث فى السلك • وبذلك أصبح من الواضح دون أى شك أن ما سبب حدوث التيار هو حركة الموصل أو المجال المغناطيسى كل منهما بالنسبة للآخر •

وهكذا كشف فاراداي المبدأ الأساسى للمولد الكهربى • ولقد مهدت هذه التجربة لانتاج تيار كهربى مستمر بالحث • وبعد أحد عشر يوما خلق فاراداي هذا التيار وذلك بالجهاز

الموضح فى الرسم السفلى فى الصفحة ١٦١ • استخدم المغناطيس المركب الذى كان فى الجمعية الملكية وركز قوة الأقطاب بأن وضع عند طرفى المغناطيس الكبيرين مغناطيسين صغيرين طول كل منهما ست بوصات ، وأدار بين هذين المغناطيسين قرصا من النحاس حول محور من البرونز • وعند طرف القرص وضع موصلين من النحاس على مسافات مختلفة من القطبين ، وبذلك حصل على انحراف ثابت تقريبا للإبرة • ونقول « تقريبا » لأنه وجد مشقة فى الإمساك بالموصلين طوال الوقت •

وقد أجرى فاراداي تجارب أخرى كثيرة عن الحث الكهربي المغناطيسى ، ولكن هذه التجارب لم تكن فى الأغلب سوى تعديلات لتجاربه الأساسية • وكانت تجربته الأولى على الحلقة الحديدية هى التى منحت العالم أول محول كهربى • والتجربة الأخرى التى شرحناها حالا هى التى نتج عنها أول مولد •

أرسل فاراداي بنتائج تجاربه الى الجمعية الملكية فى خلال شهر ، وبعد ذلك نشر هذه البحوث باعتبارها الجزء الأول من « بحوث تجريبية فى الكهرباء » وفيها أعاد ترتيب تجاربه بطريقة حيرت المؤرخين فيما بعد •

وبنجد نشر هذه التجارب ، ثارت مرة أخرى مسألة الأولوية فى اكتشافها • كان العالم الفيزيائى الأمريكى جوزيف هنرى قد كشف فعلا الحث الذاتى ، وإدهى ليوبولدى نويبل وكفاليرى أنتينورى الايطاليان أنهما كشفوا التأثير الكهربي المغناطيسى قبل أن ينشر فاراداي نتائج بحوثه ،

والواقع أن الايطاليين أجريا تجاربهما بعد سماع نتائج تجارب فاراداي • ولقد تمكن فاراداي من اثبات أسبقيته في الوصول الى هذه النتائج •

ولم يكن فاراداي راضيا عن اكتشاف انحث الكهربي المغناطيسى • كان يريد أن يعرف لماذا يحدث ؟ ولما كان عاجزا عن اعطاء تفسير رياضي لموضوع ، فقد وضع له نموذجا فيزيائيا مستمدا من الظاهرة المألوفة وهي اتخاذ برادة الحديد أشكالا ذات خطوط منتظمة حول المغناطيس • ولكن لماذا تتخذ شكل خطوط ؟ ولهذا فقد افترض فاراداي أن الفضاء المحيط بالمغناطيس مليء بخطوط قوى • وتتمثل القوة المغناطيسية على هيئة خطوط غير مرئية مشدودة مثل خيوط المطاط • وترتب برادة الحديد نفسها بوساطة الجذب المغناطيسى على هذه الخطوط •

ولم يقف فاراداي عند هذا الحد ، لقد ملأ كل الفضاء بخطوط القوى ، وقدم المفهوم الثوري القائل بأن الفضاء تتخلله أنواع مختلفة من القوى المغناطيسية والكهربية والاشعاعية والحرارية والجاذبية • وتوضح الخطوط في كل الحالات كلا من اتجاه ومقدار القوة • فمثلا ، عند قضيب من المغناطيس تتجه خطوط القوى من القطب الموجب الى السالب أو من القطب الشمالى الى الجنوبى ، كما يدل عدد خطوط القوى الخارجة من القطب المغناطيسى على قوة هذا القطب عند أية نقطة • وهذه الخطوط أكثر كثافة بالقرب من المغناطيس عنها عند أية نقطة بعيدة في الفضاء • كما تتحدد كمية الكهرباء التى يمتلكها جسم ما ، حسب رأى

فاراداي، بعدد خطوط القوى التي تنبعث منه * وتنتهي جميع خطوط القوى في مكان ما ، اما على جسم آخر قريب ، واما على جدران الحجرة واما عند الكواكب في الفضاء * وعند كل نهاية توجد كمية من الكهرباء تساوى في الكمية شحنة الجسم الأصلي ولكنها تضادها في الاتجاه *

واستنتج فاراداي أن نظرية خطوط القوى تفسر كيف يحدث تيار حث في موصل * انه ينتج كلما قطع الموصل خطوط القوى المغناطيسية * وكشف أهمية سرعة الحركة ، وكتب في ذلك : « اذا تحرك السلك ببطء ينتج تيار ضعيف في السلك ويستمر هذا التيار في اثناء حركة السلك ؛ أما اذا قطع السلك خطوط القوى بسرعة فان تيارا أقوى ينتج ولكن لوقت أقصر » * والحقيقة أنه لا ينتج تيار ولكن ينتج فرق جهد ، ويحدث التيار نتيجة لهذا الفرق في الجهد *

وتدرج فاراداي بعد ذلك من فكرة خطوط القوى المختلفة التي في انفضاء الى افتراض أن هذه الخطوط تملأ كل الفضاء ، فقد كتب في مذكراته عام ١٨٤٦ : « كل ما يمكن أن أقوله هو انني لا أستطيع أن أتصور في أى جزء من الفضاء ، سواء كان فراغا ، حسب الاصطلاح الدارج ، أو مليئا بالمادة الا القوى والخطوط التي تمير عنها »

وهنا نحصل على الأصل التاريخي لنظرية المجال ، ولو أن فاراداي نفسه لم يشر قط الى نظامه باسم «نظرية المجال» أو « مفهوم المجال » - والسواقع أنه وضع نظريته تحت الاختبار وكان على استعداد لاهمالها اذا أثبتت التجربة عدم صحتها *

لماذا يعتبر المجال مفهوما ثوريا ؟ السبب في ذلك هو أن علماء الفيزياء حتى وقت فاراداي كانوا يركزون تفكيرهم حول الجسيم المادى ، وحاولوا استخلاص جميع الظواهر من مفهوم الجسيم . وكانت العمليات الفيزيائية تفسر بواسطة قوانين نيوتن عن الحركة وقوى التفاعل المتبادل بين الجسيمات ، فجاء فاراداي وأزاح الجسيم بعيدا وتوج مكانه خطوط القوى التى تملأ الفضاء . ولم يكن فاراداي يهتم بالجسيم الكهربى أو المغناطيسى بقدر ما كان يهتم بالفضاء الذى تعمل فيه هذه الجسيمات . وهذا هو كل أساس مفهوم المجال . فما يهم فى نظرية المجال انما هو الحانة الهندسية والفيزيائية للفضاء ذاته .

وكان فاراداي ، بالنسبة لهذه النقطة فى غاية الوضوح ، فقد كتب فى « بحوث تجريبية » : « وفى ضوء هذا الفهم للمغناطيس ، يكون للوسط أو للفضاء المحيط به نفس أهمية المغناطيس ، ويكون بذلك جزءا من النظام المغناطيسى الحقيقى والكامل » .

وهنا نلاحظ أن فاراداي كان يرى ما يطلق عليه اليوم اسم نظرية المجال المزدوج أو الثنائى ، وهى النظرية التى تغطى نفس الأهمية للجسيم والمجال ولكن التى يلعب فيها المجال الدور الاسامى والقيادى . وبهذا يكون لفاراداي سبق فى الثورة النسبية الحديثة فى علم الفيزياء ، كما يجب أن نرقى بمفهوم المجال الى مصاف أعظم ما أبدعه العقل العلمى .



ولم يكن فاراداي يعتبر فكرة المجال نظرية مستقلة عن نظام نيوتن ، ولكنه كان يعتبرها مكملة لهذا النظام . ولم يكن في نيته أن ينزل مفهوم الجسيم عن عرشه ، ولكن هذا حدث فيما بعد كنتيجة لفروض فاراداي . وقد بدأ فاراداي أيضا عملية انهيار مفهوم آخر هام ، وهو مفهوم « العمل من بعد » ، فقد افترض نيوتن ، كما آمن بهذا الفلاسفة قبله بزم طويل ، أن القوى يمكن أن تعمل وتؤثر على مسافات بعيدة وفي الحال ودون الحاجة لأي وسط . وكان اعتقادهم أن هذا هو السبيل الوحيد لتفسير طريقة عمل قوة الجاذبية بين النجوم والكواكب .

وكان لنظرية « العمل من بعد » في القرن التاسع عشر قدم راسخة في علم الفيزياء . ولكن فاراداي شعر أن هذا المفهوم غير مقنع وأن افتراضات الميكانيكا النيوتونية تتعارض وظواهر الكهرباء الديناميكية . فلم يتردد في تبني فكرة « العمل من بعد » ، وصياغة مفهومه الخاص حيث تحتاج القوة إلى زمن لكي تنتقل، ووسائل انتقالها هي خطوط القوى . وقد أجرى فاراداي تجاربه كلما أمكنه ذلك ، لاثبات أن القوة تحتاج إلى وقت حتى تنتقل . وقد فشل في حالة قوة الجاذبية ، ولكنه لم يتزجج عن اعتقاده وإيمانه بصحة مفهومه . ولم يحطم فاراداي نفسه مفهوم « العمل من بعد » ، ولكن هذا المفهوم تحطم على يدي ماكسويل ، الذي أزاله من علم الكهرباء الديناميكية ، وكذلك هندريك لورنتز ، الذي أدت معادلاته التحويلية إلى اختفائه تماما من علم الفيزياء .

وفى مايو عام ١٨٤٦ ، نشر فاراداي بحثا طريفا عن بعض تأملاته تحت عنوان « آراء حول تذبذبات الأشعة »
تنبأ فيه بنظرية الضوء الكهربية المغناطيسية . وكتب فى ذلك : « ان وجهة النظر التى أجد فى نفسى الجسارة لأن أتقدم بها ، تعتبر الاشعاعات نوعا ممتازا من ذبذبات خطوط القوى المعروف أنها تربط الجسيمات ، وكذا كتل المادة ، بعضها ببعض . ووجهة النظر هذه تحاول تجاهل الأثير ، ولكنها لا تتجاهل الذبذبات » . وجاء ماكسويل بعد ذلك بقليل لتطوير هذا الرأى الجسور رياضيا واعلان النظرية الكهربية المغناطيسية . وكان فاراداي نفسه قد أوجد علاقة تجريبية بين الضوء والمغناطيسية ، فقد أوضح فى سلسلة من التجارب الرائعة أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يسبب دوران مستوى الضوء المستقطب .

وكان فاراداي يؤمن ايمانا عميقا بوحدة الطبيعة ووحدة قوانين الفيزياء ، كما كان يؤمن بوجود علاقة بين القوى الكهربية المغناطيسية وبين الجاذبية ، وأنه لا بد من وجود قانون يحكم هذه العلاقة . فقد كتب عام ١٨٤٩ فى كراسة المعمل : « الجاذبية ، لا شك أن التجارب ستصل بنا الى ايجاد علاقة بين هذه القوة وبين الكهرباء والمغناطيسية وغيرها من القوى ، بحيث يمكن الربط بينها فى عمل متبادل وتأثير متكافئ » . فكر لحظة كيف يمكن معالجة هذا الأمر عن طريق الحقائق والتجارب » . ولكن جميع التجارب التى أجراها للوصول الى مثل هذه العلاقة باءت بالفشل . ولذلك كتب فى ملاحظة حزينة ولكنها مليئة بالتفاؤل : « وهنا تنتهى محاولاتي فى الوقت الحاضر ، فالنتائج سلبية ، ولكنها

لا تزعزع احساسى بوجود علاقة بين الجاذبية والكهرباء ،
ولو انها لا تعطى أى دليل على وجود مثل هذه العلاقة » -

وكان مازال يعمل لحل هذه المسألة بعد ذلك بعشر
سنوات عندما كتب بحثه الأخير . كانت صحته قد اعتلت فى
ذلك الوقت ، ولكنه لم يترك التجارب والبحث . وكان يعاني
من فقدان الذاكرة لمدة طويلة ، وقد يعيد تجربة يكون هو
نفسه قد أجراها بنجاح قبل ذلك بوقت قصير . وكان ذلك
العالم الفقيه المنبت ، غير المتعلم ، قد أصبح أستاذا مدى
الحياة فى المعهد الملكى ويقطن فى هامتون كورت . وفى
عام ١٨٦٧ كتبت بنت أخيه الأنسة ريد الى صديق فاراداي
العزیز بنس جونز تقول : « ان عمى العزیز يبدو أحسن مما
كان فى بعض الأوقات . ولكننى للأسف أتألم عندما أرى
عقله يتلاشى بعيدا . ان صحة عمى سيئة ومتدهورة هذا
العام ، وهو فى حالة شلل نصفى » . وفى ٢٥ من أغسطس
عام ١٩٦٧ مات ميخائيل فاراداي بسلام فى كرسي مكتبه ،
وهو لا يدرك الخلاف الذى سيدور من بعده حول المشكلة
المهمة : هل سيسود المجال أم التيسيم ؟

جوزيف هنرى

فى ربيع عام ١٨٣٧ ، كانت مجموعة صغيرة من الرجال فى أحد المعامل الانجليزية تحاول اجراء احدى التجارب . كانوا قد اقاموا دائرة كهربية لكى تحمل تيارا ضعيفا جدا ، وكانوا يحاولون الحصول على شرارة كهربية بقفل الدائرة وفتحها . وكان شارلس هويتستون يلامس طرفى السلك الذى يتم الدائرة . ولم يتمكن من الحصول على الشرارة . وقال ميخائيل فاراداي ان هويتستون يتبع طريقة مخطئة ، وأضاف فاراداي بعض التعديلات الى الدائرة وحاول أن يحصل على الشرارة ولكنه لم يفلح .

وكان هناك زائر أمريكى ينتظر بصبر على حين يتناقش عالما الكهرباء الشهيران حول أسباب الفشل . وفى حين كان الأمريكى يستمع الى هذا الجدل أمسك بقطعة من السلك ولفها حول اصبعه مثل البريمة . وبعد بضع دقائق أشار الى أنه عندما ينتهى السيدان ويكونان على استعداد فانه يسره أن يوضح لهما طريقة الحصول على شرارة . وأجاب عليه فاراداي بواحدة من اجاباته الجافة المعتادة ، ولكن الأمريكى استمر فى عمله . فأضاف ملفه الصغير الى أحد أطراف السلك ، وفى هذه المرة عندما فتح الدائرة

رجال عاشوا للعلم

انطلقت شرارة وأمكن رؤيتها بوضوح • فصفق فاراداي فرحا وقال : « مرحى للتجربة الأمريكية ! ماذا فعلت بحق السماء ؟ » ولو كان لجوزيف هنرى طبيعة فاراداي لأجابه قائلا : « لو كنت تقرأ ما أنشر ، وتفهم ما تقرأ لعرفت ما رأيته لتوك ! » • ولكن أستاذ برنستون شرح بأناة هذه الظاهرة عن الحث الذاتى للرجل الذى منحه العالم شرف الكشف عن الحث •

ومر قرن وربع من الزمان ، وتجمعت أكداًس من المعرفة بين تجارب بنيامين فرانكلين الكهربائية ونظرية الكهربائية المغناطيسية لجيمس كلارك ماكسويل • والكثير من هذه المعرفة جمعه رجل واحد هو جوزيف هنرى ، خلال خمسة عشر عاماً من ١٨٢٩ الى ١٨٤٤ • وبغ ذلك فقد كان هنرى غريباً فى عصره • وظن أسدقاؤه أن مثاليته العلمية تنطوى على نقص فى الروح الأمريكية ، وتجاهله العلم العالمى لأنه كان أمريكياً • ولم يدرك أحد أنه كان عملاقاً إلا بعد وفاته ، وبعد أن مضى معاصرو شبابه ، وأدرك الأسباب أيضاً أن الشهرة الكبيرة التى اكتسبها خلال النصف الأخير من حياته إنما كانت نتيجة لأقل كشوفه أهمية • وفى النهاية منحه العلم أعظم تقدير بأن رفعه الى مصاف المظلماء ، وذلك بأن أضاف الى الوجودات الكهربائية وهى الأمبير والفولت والأوم والفاراد اسماً آخر هو الهنرى ، وهى وحدة الحث •

فى خلال الخمسة والعشرين عاماً قبل ظهور هنرى أوضح ساندرو فولتا كيفية انتاج تيار كهربى ثابت ،

ووجد أوم-القانون الذى يحكم قوة التيار واكتشف كل من هانز أورستد ودومينيك أراجو أن التيار الكهربى يخلق المغناطيسية • والآن وفى المقد الثالث من القرن التاسع عشر كان بعض الباحثين من ذوى العقول النيرة يتساءلون : اذا كانت الكهرباء تخلق المغناطيسية ، فهل تخلق المغناطيسية بالتالى الكهرباء ؟ واذا بجوزيف هنرى ، وهو مدرس الرياضيات بمدرسة ريفية باحدى مدن المقاطعات فى أمة غير متقدمة ، لا يجيب فقط عن هذا السؤال ، ولكنه يذهب الى أبعد مما ذهب اليه أسلافه فى عمق أبحاثه •

ولم يكن فى ماضى هنرى ما يوحي بمدى قدرته ولا باتجاه ميوله • لقد وُلد عام ١٧٩٧ بالقرب من ألبانى بمقاطعة نيويورك ، ونشأ فقيراً ، واشتغل فلاحاً وصبياً فى أحد المخازن ، وكان صبياً حالمًا لا يكاد يلم بالقراءة • وعندما وصل الى سن الثامنة عشرة انحصر اهتمامه فى تربية أحد الأرانب • وفى أحد الأيام انطلق الأرنب ومن خلفه هنرى الى أن وصلا الى إحدى الكنائس • واذا به داخل إحدى الفسرف المقفلة وقد احتسوت مكتبة مليئة بالقصص فنى الأرنب وقرأ الكتب •

وقد استغرقته الدراما الى درجة أنه عندما أرسل الى ألبانى فى العام التالى ليكسب عيشه ، وكان عندئذ فى الرابعة عشرة من عمره ، ذهب الى مسرح جرين ستريت ، حيث كان يدير جون برنار فرقته الشهيرة • وبقي جوزيف هنرى مبدعاً عامين يعمل ممثلاً تحت التمرين فى تلك الفرقة •

وفى سن السادسة عشرة توصل الى اكتشافه العظيم الثانى ، فقد تناول بالصدفة كتابا لزميل له فى السكن . وظل الى سن متأخرة يذكر أول فقرة فى ذلك الكتاب وقد جاء فيها : « اذا ألقيت حجرا أو قذفت سهما فى الهواء ، فلماذا لا يسير فى خط مستقيم فى الاتجاه الذى ألقيته اليه ؟ وعلى العكس ، لماذا يتصاعد اللهب والدخان دائما الى أعلى دون أية قوة دافعة فى ذلك الاتجاه ؟ » وفى هذا السؤال كشف جوزيف هنرى عالم العلوم .

ولم يكن هنرى أبدا من الذين يتخذون قرارات فى الأمور الصغيرة ، فقد ذهب مرة لتفصيل حذاء وظل أياما لا يستقر على رأى فيما اذا كان يريد مقدمة الحذاء مستديرة أو مربعة . وأخيرا ، وقد ضاق به الاسكافي ، صنع له فردة بمقدمة مستديرة وفردة الحذاء الأخرى بمقدمة مربعة . ومع ذلك ، فقد كان هنرى يتخذ القرارات المهمة فى الحال ، فقد ذهب للعمل على المسرح دون أية خبرة أو تمرين ، ثم اذا به ، ودون أية أسباب وجيهة ، يغير رأيه فجأة ويقرر أن يصبح عالما وفيلسوبا طبيعيا .

ذهب هنرى الى الأكاديمية فى البانى وتقدم إليها ليلتحق بها طالبا . كان التلاميذ الآخرون من زملائه يصغرونه ببضع سنوات ، كما كانوا من أبناء الأسر المقتدرة ، ولكن هنرى عاش حياة خاصة كان كل شيء فيها ممكنا . ومن حسن الحظ أنه كان لديه من المواهب ما يجعله يكيف العالم الخارجى بحيث يلائم أحلامه الخاصة .

جوزيف هنرى

وبعد دراسة لمدة سبعة شهور فى الفصول الليلية والدروس الخاصة ، اكتسب قدرا من التعليم كان كافيا لكي يحصل به على عمل كمدرس فى إحدى المدارس الريفية . وبذلك تمكن أيضا من اتمام دراسته . وكان التدريس وحضور الدروس فى الأكاديمية يستغرقان منه ١٦ ساعة يوميا ، ولكن هنرى كان سعيدا بحياته هذه . وأخيرا ترك التدريس وتحدث مع أستاذه فى الكيمياء لكي يأخذه مساعدا له لتجهيز وتحضير تجاربه التى يجريها فى أثناء المحاضرات العامة . وكانت خبرة هنرى المسرحية قد علمته أن كل عمل يزدى أمام الجمهور يجب أن يكون فى غاية الكمال ، وأن يكون مقنعا ومؤثرا بأكبر قدر ممكن . وقد أثرت هذه الخبرة فى السرعة والبساطة التى تميزت بها تجاربه الخاصة .

وعندما أنهى هنرى دراسته فى الأكاديمية عين مساحا ومهندسا على قناة إيلى . وقد بدأ عندئذ كما لو كانت أيام فقره قد انتهت وقد تفتحت أبواب الثراء أمامه . وكان فى مقدور رجل له مثل مؤهلاته أن يجمع ثروة كبيرة فى أن مكان يعمل به من الموانئ الشرقية الى تلال ويسكونسن البعيدة . ومع ذلك، فما ان عرضت عليه أستاذية الرياضيات والفلسفة الطبيعية فى ألبانى بعد بضعة شهور ، حتى شعر أن بلاده تحتاج الى الأساتذة المتفوقين أكثر من حاجتها الى المهندسين ، فقبل منصب الأستاذية .

وعاد جوزيف هنرى الى ألبانى عام ١٨٢٦ . وكان فى ذلك الوقت شابا ذا مظهر أخاذ : له شعر أشقر متموج ،

وعينان نادتان زرقاوان ومظهر المثل - وخلف هذا المظهر كانت تكمن المواهب الأساسية للبحثة ، والقدرة على تحليل وتبسيط الآراء والأفكار الكبيرة .

كان الجدول الممد له للتدريس كبيرا ، فكان الوقت الوحيد الذى يختطفه لاجراء بحوثه فى أثناء عطلة الصيف . وذلك عندما يسمح له بتحويل أحد فصول الدراسه الى معمل ، وفى نهاية شهر أغسطس يعيد أجهزته الى المخزن وتعود المقاعد الى أماكنها فى الفصل .

كان أول ما قام به هو بناء مغناطيس كهربي على طريقة وينيام سترجيون الانجليزى - وكان مغناطيس سترجيون عبارة عن قضيب من الحديد مغطى بطبقة من السلك المصفى ، وحول هذا القضيب يلف سلك عار بحيث لا يتلامس - ثم ثنى سترجيون القضيب وجعله على هيئة حدوة الحصان ، وكان من الممكن أن تنجذب قطعة من الحديد تزن سبعة أرطال الى المغناطيس طائفة فى الهواء عند مرور التيار الكهربى فى السلك ، ثم تسقط مرة أخرى الى الأرض عند توقف التيار . وفى إحدى عطلات الصيف شيد هنرى فى فصله مغناطيسا يمكنه رفع طن من الحديد . وبدلا من أن يعزل الحديد ، عزل هنرى السلك بعناية ، مما سمح له أن يلف السلك متقاربا من بعضه وبذلك حصل على أكبر عدد من لفات السلك حول القضيب الحديدى . وقد شرح هنرى جهازه هذا فى « مجلة العلوم الأمريكية » التى كان يصدرها بتيامين سيليمان من ييل .



وقد قادت هذه التجارب عن الكهربية المغناطيسية هنرى الى مسألة توليد الكهرباء من المغناطيسية . وكانت ظاهرة تولد مجال مغناطيسى ثابت من تيار كهربي مستمر قد أدت بمن سبقه من العلماء والباحثين الى الاعتقاد بأنه من الممكن أن يولد المجال المغناطيسى الثابت تيارا كهربيا مستمرا . وكان الاختبار المعتاد هو لف طول معين من السلك حول قطعة حديد ممغنطة ، ثم حك طرفى السلك معا وانتظار حدوث شرارة كهربية . وكان العمل انكبر انذى حققه هنرى هو قدرته على أن يتنبأ بان حل هذه المسألة لا يأتى عن طريق مجال مغناطيسى ثابت ، ولكن فى مجال مغناطيسى متغير .

وفى التجربة التى أجراها هنرى استخدم مغناطيسه الكهربي الذى على شكل حدوة الحصان وقطعة من الحديد الزهر ، سماها ذراعا ، تصل قطبى المغناطيس ، ولف حول الذراع سلكا نحاسيا معزولا طوله حوالى ٣٠ قدما ويتصل طرفاه بجلفانومتر على بعد حوالى ٤٠ قدما وبذلك كان لديه ملفان مستقلان تماما ، أحدهما ملف المغناطيس وهو متصل بالبطارية والملف الآخر متصل بالجلفانومتر . واستعد لأجراء التجربة . وكتب أخيرا يصف التجربة فقال : «وقفت بجوار الجلفانومتر . وطلبت من مساعدى أن يوصل البطارية المتصلة بالمغناطيس » وعندئذ حدثت المعجزة . « انصرف الطرف الشمالى لايرة المغناطيس ٣٠ درجة ، دالا على مرور تيار فى السلك الملفوف حول الذراع » .



ولابد أن يكون هنرى قد أصيب بخيبة أمل بعد ذلك بلحظة واحدة . وذلك أنه على الرغم من استمرار مرور التيار فى ملف المغناطيس ، فقد عادت ابرة الجلفانومتر الى وضع الصفر . ثم أشار الى مساعده لقطع التيار ، ولدهشته تحركت الابرة فى لحظة قطع الدائرة مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد لانحرافها الأول .

وفى الحال أدرك هنرى السبب فى هذا التصرف غير المتوقع . انه فى أثناء تغير المغناطيسية فى الذراع من انصرم الى حامل قوتها عند قفل الدائرة ، وكذلك من كامل قوتها الى الصفر مرة أخرى عند فتح الدائرة ، عند ذلك فقط يحدث شئ ما فى الملف الثانوى . ولخص هذا التأثير كما فهمه على النحو التالى : « ان تيارا مؤقتا فى هذا الاتجاه او ذاك يصاحب أى تغير فى شدة مغناطيسية الحديد » .

وبذلك كان هنرى قد أثبت أن تيار حث يحدث فى أى سلك فى مجال متغير . وبعد ذلك بقليل كشف أن « أى سلك » ، قد يعنى كذلك نفس السلك الذى خلق المجال فى أول الأمر . وفى عام ١٨٢٩ كان قد لاحظ الحث المغناطيسى للتيار على نفسه — وهو ما يسمى اليوم الحث الذاتى . وكان استخدامه لهذه الظاهرة فيما بعد فى أثناء التجربة أمام فاراداي وهويتستون هو الذى أذهل المالمين .

والآن ، فان هذا العمل العظيم ، وكثير غيره ، قد تم فى خلال الصيف فى أعوام متتالية قبل عام ١٨٣١ ؛ غير أن أول ما كتب أو عرف عن هذا العمل لم يكتب ، مع الأسف

الشديد ، إلا فى عام ١٨٣٢ • كان هنرى يعلم أنه يشتغل فى أصعب مشكلة تواجه العلماء فى ذلك الوقت ، وكان يعلم أنه قد حل المشكلة قبل أى شخص آخر ، ولكنه لم يكن لديه أى اتصال شخصى بالعلم كمهنة ، وكان العلماء الأوروبيون والذين كان يعرف أسماءهم يبدون له كما لو كانوا فى أبراج عالية • ولذلك فقد تردد فى نشر أية نتائج لبحوثه إلا بعد تجميع كمية كبيرة من البيانات • وكان تواضعه فى الواقع نتيجة لكبريائه غير الواعية بمبقريته التى كان يرجو أن تقبل على علاقتها • وكان بالإضافة الى ذلك مشغولا جدا ولا يجد الوقت الكافى لكتابة نتائج أبحاثه واعدادها للنشر •

وقد ظل الى آخر أيام حياته أسفا لأنه لم ينشر نتائجه ، وكان يقول : « كان يجب أن أنشر مبكرا » • « كان يجب أن أنشر ، ولكن لم يكن لدى متسع من الوقت ! كان من الصعب القيام بكل ذلك العمل ! كنت أريد أن أنشر نتائجى فى شكل مقبول ، وكيف كان لى أن أعلم أن شخصا آخر فى الجانب الآخر من الأطلنطى كان يقوم بنفس البحوث ؟ » •

وجاءت الصدمة فى مايو عام ١٨٣٢ • كان مازال على ثقة بأنه يسبق العالم بمدة سنوات وبعمل عظيم ، عندما التقط صدفة مجلة علمية بريطانية وقرأ فيها فقرتين وإذا بالمجلة تسقط من يديه : لم يعد متقدما على أحد بسنوات • كان فاراداي قد نشر كشفه المستقل عن الحث الكهربي المغناطيسى •

كان بحث فاراداي الذي نشره عام ١٨٣٢ مبنيا على النتائج التي حققها في الخريف السابق . ومع أن هنري كان متقدما على فاراداي بمدة سنوات ، إلا أنه شعر في ذلك الوقت أن النشر قد أصبح غير ذي موضوع ، وغلبه اليأس . غير أن سيليمان كان قد سمع ببحوث هنري فاستمر في الالاحاح عليه لكي يرسل وصفا لها للمجلة العلمية الأمريكية . وأخيرا بدأ هنري في اعداد وكتابة سلسلة بحوث كان لها الفضل في احتفاظه بمكانته العلمية التاريخية، ولو أن ذلك تم بمد وفاته .

ولم يكن قد أتيح للمعلم الأمريكي أن يحقق نصرا عالميا منذ قام بنيامين فرانكلين ببحوثه العلمية . وكانت الجمهورية الناشئة في غاية الحساسية بالنسبة للسلوك الأوروبي تجاهها وأن أمريكا ليس لديها من الثقافة ما تمنحه للعالم . ولذلك ، وبدلا من الشموخ بالمطغ على هنري في موقفه هذا ، فان كثيرا من أصدقائه وجهوا اليه اللوم لتخلفه في نشر نتائج بحوثه في الوقت المناسب ، ونعتوه بأنه لا يشعر بالمسئولية وأنه غير وطني . ولكن كان هناك قليلون فهموا الموقف على حقيقته ، وبدلا من توبيخه ، أتاحوا له فرصا أكبر لاجراء بحوثه ، وذلك بتعيينه عضوا في هيئة تدريس جامعة برنستون .

★★★

وعندما كان هنري مايزال في الباني كشف مجدد التيار الكهربى . وقد استخدمه لخلق أول تلفراف كهربى مغناطيسى سابقا صامويل مورس بخمس سنوات على الأقل . وكان

جوزيف هنرى

جهاز الاشارة عند هنرى عبارة عن جرس • ولم ينشر قط تفاصيل المجدد كبحث مستقل ، ولكنه كان يحاضر عن اهميته التطبيقية ، وكان بالنسبة له مجرد تعديل وتحوير وتطبيق للنظريات الأكثر عمقا التى كان قد أعلنها • وصف هذا الجهاز لمورس وهويتستون ، وهو مخترع التلغراف الانجليزى ، وقد استخدم الرجلان هذا الجهاز بحرية •

وكان مجدد التيار الذى اخترعه هنرى عبارة عن مغناطيس على شكل حدوة الحصان ، ويلتف حوله سلك الارسال التلغرافى الطويل • ويتصل بقطبى المغناطيس ذراع حديدى متحرك يجذب نحو المغناطيس كلما وصلت اشارة كهربية • وكلما تحرك الذراع الى اسفل والى أعلى تفتح وتغلق دائرة أخرى بها بطاريتها الخاصة • ويوجد فى الدائرة الثانية اما جهاز للطبع واما ملف حدوة حصان تابع للمجدد آخر ، بحيث يقوى الاشارة لاعادة ارسالها مرة أخرى • وقد يمتى هذا المجدد دون تغيير يذكر الا فى بعض التفاصيل الميكانيكية •

وشيد هنرى فى برنستون جهازا تلغرافيا كبيرا وأرسل اشارات عبر سلك طوله ميل ، وذكر أن المجددات المتتالية تسمح له بامتداد الدائرة الى مسافات لا نهائية • واستمر فى بحوثه عن الحث وحقق نجاحا كبيرا فى فهم تفاصيل هذه الظاهرة • وفى احدى الصفحات وصف ما يعتبر فى الواقع الأساس النظرى للمحول الكهربى : « يتكون الجهاز الذى استخدم فى التجربة من عدد من الملفات المسطحة المكونة من أسرطة نحاسية •• وقد رتب الملف رقم 1 بحيث يستقبل

التيار من بطارية صغيرة ، روصع الملف رقم ٢ فوق هذا الملف وبينهما قطعة زجاج تضمن المنزل التام ، فكلما تقطعت الدائرة الأولى ، ينتج تيار حث قوى فى الدائرة رقم ٢ . ومع ذلك فالصدمة فى هذا الملف كانت ضعيفة وكنت تقريبا احسها فى أصابعى » - وىمعنى آخر فان التيار قد ازداد ولكن الفولت انخفض . « فاذا أبقينا الملف رقم ١ كما هو ، وأبدلنا بالمف رقم ٢ آخر أطول منه ، بهذا تكون القوة المغناطيسية أقل بكثير ، ولكن الصدمات أكثر قوة » - وبذلك كان قد أضعف التيار ولكنه زاد الفولت .

★★★

ولم يكن معاصرو هنرى يفقهون الا النزر اليسير عن الكهرباء والدوائر الكهربائية ؛ مما جعلهم لا يقدررون بحوثه الا ما أمكنهم فهمه منها . وكان هنرى فى نظر الذين قرأوا المجلة الأمريكية للمعلوم - وكان توزيعها ضئيلا - قد أضاف مجرد تعديل بسيط الى المغناطيس الكهربى . ولم يدركوا تعمقه الجوهرى فى المحول ، ولذلك فقد أهملوه لمدة سنوات . وكان الذين يهتمون بقراءة المجلة الأمريكية من الأوروبيين قليلين جدا . واعد نشر بحوث هنرى الأصلية فى انجلترا بعد عشر سنوات ، ولكن ذلك لم يصف عليها سوى تقدير سطحي :

نادرا ما استخدم هنرى انرياضيات فى تحليله للظواهر الفيزيائية . وفى عهده لم يكن قانون أوم - الذى يدرس الآن فى المدارس الثانوية - قد وضع فى شكله الكمى ، وكانت تحليلات هنرى قوية ولكنها كانت نوعية أكثر منها كمية .

كانت الجهود تقاس بطرق نسبية وذلك بشدة الصدمة التي يحسها القارئ بالتجربة ، وكانت شدة التيار تقاس بوسائل كيميائية ، فإذا كانت ضعيفة جدا ، تقاس باحساس الحموضة الذى تحدثه فى فم القارئ بالتجربة . وكان هنرى يقيس الجهود الضعيفة بصدمتها فى لسانه . ومع أنه كان بذلك يحصل على كميات نسبية الا أنه توصل الى الشكل الأسمى الصحيح لنمو التيار واختلافه فى دائرة حث .

وحقق هنرى آخر أعماله العظيمة فى دراساته للكهرباء عام ١٨٤٢ ، فقد تمكن فى ذلك العام من ارسال موجات لاسلكية . وكان ذلك فى وقت يسبق تجارب هنريش هيرتز الشهيرة بنصف قرن . لاحظ هنرى أن تأثير الشرارة يمكن أن يلاحظ بواسطة دائرة موازية على بعد ٣٠ قدما . وكانت الملفات التى تنتج الشرارات تعمل فى الطابق الثانى من المبنى الذى به معمله ، وكانت الابر المغناطيسية فى البندول ، وتم التأثير خلال ٣٠ قدما من الهواء وطبقتين من السقف سمكهما ١٤ بوصة . وتدل الفقرة التالية من بحثه على أنه كان يدرك أن هذه الظاهرة عبارة عن موجات وأنها شبيهة بظاهرة انتقال الضوء .

« ويظهر أن انتقال شرارة واحدة يكفى لاجداث اضطراب محسوس فى كهرباء الفضاء خلال مكعب لا تقل سمته ٥٠٠ ر.م قدم ؛ وعندما نعتبر أن الشرارة (تتذبذب) فإنه يمكننا أن نستنتج أن انتشار الحركة فى هذه الحالة يمكن مقارنته فى الغالب بانتقال حركة الشرارة التى تحدث من الحجر والصلب فى حالة الضوء » .

وفي عام ١٨٤٦ انتهت أعمال هنرى فى البحوث العلمية ، فقد كانت حكومة الولايات المتحدة تبحث عن مدير لمعهد سميثسونيان الذى انشئ حديثا ، وعين هنرى فى ذلك المنصب . وكان معنى قبوله أن كل وقته سوف ينصرف الى الأعمال الادارية . ولكن هنرى شعر أن ذلك المنصب سوف يتيح له الفرصة لجمع شمل العلم الأمريكى . وكان قبل ذلك بمشرىن عاما قد احس بواجب القيام ببحوث علمية فترك مهنة الهندسة ، والآن يشعر مرة أخرى ان من واجبه أن يهجر البحث لكى يعمل كأول مدير علمى قومى .

★★★

وعندما كان هنرى فى الخمسين من عمره كان يعتبر أحد قادة العلم فى أمريكا . ولكن معاصريه كانوا يعتبرونه مديرا علميا : مدير معهد سميثسونيان والمستشار العلمى لأبراهام لنكولن خلال الحرب الأهلية ، والرجل الذى ذهب اليه العلماء الشبان من أمثال مورس وألكسندر جراهام بيل للحصول على تشجيعه وتأييده . ولم يكونوا يرفونه كالعالم البعثة الذى أمضى خمسة عشر عاما فى البحوث الكهربائية المغناطيسية سبق بها عصره وتقدم عليه .

وكان هنرى فى عمله مديرا لمعهد سميثسونيان يتناول كثيرا من المجالات . اذ وضع مشروعا لاعطاء معلومات عن حالة الجو ، وهو المشروع الذى تطور فيما بعد وأصبح المكتب الجوى للولايات المتحدة (مصلحة الأرصاد الجوية) ، واستحدث جيمس ليك لتأسيس مرصده الشهير فى كاليفورنيا . واشترك فى عدة لجان حكومية استشارية ، ومنها اللجنة التى

جوزيف هنرى

اختبرت فى عام ١٨٥٠ تصميمات صنع مركب حربي حديدي
لبحرية الولايات المتحدة . وكان هنرى أول من أوصى بقبول
التصميم ، ولكن نصيحته أهملت ، وعندما قامت الحرب
الأهلية عادت الحكومة فوافقت على التصميم وبذلك شيدت
« المريماك » .

وكانت بيانات الأرصاد الجوية تجمع فى معهد
سميتسونيان بالتلفراف من ٥٠٠ راصد فى جميع أنحاء
البلاد شرق نهر المسيسيبي ، وكلما وصل تقرير تلفرافى
من منطقة محلية كان يثبت قطعة صغيرة مستديرة من الورق
المقوى فى مكانها على خريطة كبيرة للبلاد . وكانت الألوان
المختلفة تدل على المطر والثلج والجو الصحو والسحب .
وقد وجد هنرى أن العواصف تتحرك نحو الشرق بمعدل
٢٠ الى ٣٠ ميلا فى الساعة ، وبالتالي فقد شرح أهمية وفائدة
الخرائط الجوية للمزارعين ، ورجال السكك الحديدية
وشركات الملاحة .

وكان هنرى أول من درس درجة الحرارة النسبية للبقع
الشمسية ، ففي عام ١٨٤٨ عرض صورة للشمس على لوحة
واستخدم مشعا صغيرا جدا لقياس درجة الحرارة النسبية
لكل نقطة على صورة الشمس واكتشف أن صور البقع أبرد
من المناطق المحيطة بها .

★★★

وكان تطور المحرك فى المقعد الأخير من حياة هنرى هو
ابتداء استخدام التيار المتغير . وعندئذ فقط بدأ الناس
فى العودة الى أبحاث هنرى وتقدير قيمتها . وقد أدت نظرية

ماكسويل الكهربييه المغناطيسية الى اعادة النظر في تصريح
هنري عن أن انتشار الكهرباء في الفضاء يشبه انتقال
الضوء • وأعانت تجارب هيرتز الباحثين على أن يعيدوا
النظر وأن يدركوا أن هنري كان يبحث بأشعارات من
الذبذبات الحرارية ويستقبلها على دوائر بدائية • • وقد
نال هنري كل تكريم بعد وفاته وبذلك كان على الانسانية
أن تمضي • • عاما لكي تدرك وتفهم وتقدر ما قام به من
أعمال وبحوث •

جيمس كلارك ماكسويل

فتح جيمس كلارك ماكسويل ، أعظم عالم للفيزياء فى القرن التاسع عشر ، عهدا جديدا فى العلم ، ويرجع اليه الفضل فى كثير مما يميز عالم اليوم عن عالمه هو . ولما كانت أروع كشوفه ثمرة بحوث نظرية غير تطبيقية ، فانه غالبا ما ينظر اليه كمثال للعالم الذى يشيد نظمه بالقلم والوزق . ولكن هذا الفهم غير صحيح ، فقد كان ماكسويل يجمع بين بصيرة فيزيائية نافذة ومقدرة رياضية هائلة . وعلى حين كان ينفذ الى أعماق الظواهر الفيزيائية ، لم تكن تفوته المشاهدات أو الملاحظات التى تستحق الشرح . وكان هذا الجمع والربط بين الواقع الملموس والأمور المجردة هو أكبر ما يميز معظم بحوثه .

ولد ماكسويل فى مدينة أدنبرة يوم ١٣ نوفمبر عام ١٨٣١ ، وهو العام الذى أعلن فيه فاراداي كشفه الشهير عن التأثير الكهربى المغناطيسى . ونشأ فى أسرة اسكتلندية قديمة اشتهر أفرادها بالفردية « التى قد تصل الى حد الشذوذ » ، كما اشتهروا أيضا بالمواهب (فكان منهم قضاة محترمون ، وسياسيون ، وأصحاب مناجم ، وتجار ، وشعراء ،

وموسيقىون) وكان هو الابن الوحيد لمحام لم يهتم كثيرا بمزاولة مهنة المحاماة بل وجه اهتمامه نحو ادارة مزرعته الصغيرة ، واشترك في ادارة شئون المقاطعة ، وركز اهتمامه وحبه على تربية ولده . كان والد ماكسويل رجلا بسيطاً ولطيفاً يميل الى المرح ولديه شغف بالمسائل الميكانيكية . وقيل عن امه انها كانت « ذات مزاج حاد » .

امضى جيمس ، كما كانوا يسمون الطفل ، فترة طفولته المبكرة في مزرعة العائلة في جلينلير ، وهي تبعد مسيرة يومين بالعربة عن مدينة أدنبرة . وكان قصير النظر، مليئاً بالحيوية ، محبوباً ودوداً ، كثير التساؤل كوالده ومفرماً بالآلات مثله كذلك ، وكان هدفه دائماً أن يعرف « كيف تعمل » . وكثيراً ما كان يسأل : « كيف تعمل هذه الآلة ؟ » فإذا لم تشغه الاجابة ، كان يضيف : « ولكن كيف تعمل بالذات ؟ » . وكان أول اختراعاته مجموعة من الأرقام « لمجلة الحياة » ، وهي لعبة علمية يخيل للناظر اليها أنها تتحرك باستمرار ، وكان مفرماً بعمل الأشياء بيديه ، وبعد ذلك ، عندما كبر ، عرف كيف يصمم النماذج التي تحتوى على أكثر الحركات تعقيداً ، وغيرها من العمليات الفيزيائية .

ماتت أم ماكسويل بمرض السرطان عندما كان في التاسعة من عمره ، وهو المرض الذي قضى عليه بعد ذلك بأربعين عاماً . وقد وجد موت الأم وقرب بين الأب والابن . بدأ الولد تعليمه بعد ذلك بعام واحد في أكاديمية أدنبرة . وكانت تجاربه الأولى في التعليم اليمية ، فقد كان مدرسه ، وهو رجل اسكتلندي جاف اكتسب سمعته التربوية من كتاب

جيمس كلارك ماكسويل

وضمعه عن الافعال الاغريقية انشادة ، يطلب من تلاميذه ان يحافظوا على النظام ، وان يلموا بالمواد المدية ، ولا داعى للابتكار والاصالة . ولم تكن هذه الصفات متوافرة لدى ماكسويل . وخلقت ملابسه له مشكلة ، فقد وضع ابوه تصميم هذه الملابس وكان يصر على ان تكون ملابسه «صحية» وان يكون حذاءه مربع المقدمة وان يلبس قميصا ذا شريط متعرج . ولذلك ، فقد ساء زملاؤه « راغتي » وكانوا يسخرون منه ، ولكنه كان ولدا عنيدا وامكنه بمضى الوقت ان يكتسب احترام زملائه مع انه استمر يعيهم بتصرفاته .

★★★

ولقد بدأ اهتمام ماكسويل وشغفه بالرياضيات في الظهور تدريجيا اثناء الدراسة . وكتب الى ابيه يقول انه صنع « الجسم ذا السطوح الاربعة ومثلثة الجسم ذا الاتنى عشر سطحا واثنين آخرين من المجسمات التي لا يعرف اسماءها الصحيحة » . وعندما كان في الرابعة عشرة من عمره حاز ميدالية الاكاديمية في الرياضيات وكتب بحثا عن تصميم المنحنيات البيضوية الكاملة بواسطة الابن والتحيط . وكان صبي آخر عجيب ، هورينيه ديكارت ، قد سبقه في هذا المجال ولكن اعمال ماكسويل كانت اصيلة . وكان يوما رائعا للأب والابن عندما استمعا الى بحث الابن عن البيضويات يقرؤه الأستاذ جيمس فورييس أمام الجمعية الملكية في أدنبرة ، وقوبل البحث ، كما كتب الوالد في مذكراته : « باهتمام كبير وموافقة عامة » .

وبعد أن أمضى ماكسويل ست سنوات في الأكاديمية دخل جامعة أدنبرة . وكان عمره ١٦ عاما ، لا يستقر ،

غامض ، ذو موهبة خارقة ، يكتب شعرا غريبا عن مصير
المادة والطاقة .

عندما تتجمد الأرض والنشمس

وتندثر كل ملاقاتها

سوف تتلاشى المادة فى الأثير

ويسجل صديقه ومؤرخ حياته لويس كاميل انه كان
أنيقا « ولو أنه كان يعارض تماما خيلاء الملابس المنشأة
والقنازات » ، وأنه كان يصيبه « الرعب من تحطيم أى
شئ - حتى مجرد ورقة تسويد » . كان يقرأ بنهم ويمضى
وقتا طويلا فى التأملات الرياضية وفى التجارب الكيميائية
والمفناطيسية والكهربية . « وعندما كان يجلس الى المائدة
كان يبدو بعيدا عما يجرى ، منغمسا فى ملاحظة تأثير الضوم
المنكسر خلال الزجاج ، الذى يصنع مطيافا غير مرئى ، وما
الى ذلك من الأمور . وكثيرا ما كانت عمته الآنسة كائى
تصرخ فيه لتجذب انتباهه قائلة : « جيمس ، انك سارح فى
فرض رياضى » .

وكان ماكسويل ، فى أثناء وجوده فى أدنبرة يواظب
على حضور اجتماعات الجمعية الملكية ، ونشر فى مجلتها اثنتين
من بحوثه أحدهما « عن نظرية المنحنيات الدوارة » والآخر
« عن توازن الأجسام المرنة » . ولم يكن يقرأ هذه البحوث
بل كان يتلوها غيره من الأعضاء فى الجمعية الملكية « لأنه لم
يكن من الملائم أن يصعد صبي فى ستره مستديرة الى المنصة
هناك » . وفى أثناء عطلاته التى كان يقضيها فى جيلنلير ،

كان يكتب الى أصدقائه عن مختلف أعماله • وكان الكثير من رسائله يعبر عن شغفه الشديد بالفلسفة الأخلاقية ، مما يعكس تعاطفه الاجتماعي وغيته المسيحية ، وذلك الخليط الذي لم يكن شيئاً غير عادي في القرن التاسع عشر ألا وهو التعمق والايان البسيط • فقد كان الناس يعتقدون في ذلك العصر انه يمكنهم دراسة مسائل الحكمة والسعادة والنخبة كما يدرسون الضوء والميكانيكا •

وفي عام ١٨٥٠ التحق ماكسويل بجامعة كامبردج وتعلم على يدى ويليام هويكنز الذي كان يعتبر أقدر مدرسى الرياضيات في عصره ، فأعده لامتحان في الرياضيات يتنافس فيه أنبغ الطلبة وأبرعهم • وكان هويكنز قد أدرك منذ اللحظة الأولى مواهب الشاب الاسكتلندي ذى الشعر الأسود ، ووصفه بأنه « أعجب رجل قابلته » ، ثم أضاف « انه يبدو من المستحيل عليه أن يفكر تفكيراً غير سليم في المسائل الفيزيائية » •

وكان ماكسويل يبدى من الاهتمام بالنشاط الاجتماعي والثقافي في الجامعة قدر ما كان يعمل بجد واجتهاد في تحصيل العلم والدراسة • وقد انتخب عضواً بنادى النواريين ، وهو يضم ١٢ عضواً ، وظل عدة سنين يضم نخبة ممتازة من أشهر شباب كامبردج • وقد وصفه أحد معاصريه بأنه « أكثر الزملاء بهجة وظرفاً وواضع نظريات كثيرة عجيبة ، وناظم للكثير من القطع الشعرية » • ولم تكن أقل نظرياته غرابة هي تلك النظرية المتعلقة بأوقات النوم ، فقد كان ينام من الخامسة بعد الظهر الى التاسعة والنصف ،

ثم يقرأ بفزارة من العاشرة الى الثانية صباحا ، ثم يقوم ببعض التمرينات الرياضية وخاصة الجرى فى الممرات وعلى السلالم من الثانية الى الثانية والنصف صباحا ثم يعود الى النوم مرة أخرى من الثانية والنصف الى الساعة صباحا . ولم تعجب هذه التصرفات زملاؤه من سكان بيت الطلبة ، ولكن ماكسويل أصر على تجاربه الغريبة . وكان أحد مباحثه الأخرى هو دراسته للطريقة التى تنزل بها القطرة دائما على أقدامها ، اذ أوضح أن القطرة يمكنها أن تמיד نفسها الى الوضع الطبيعى تماما حتى ولو أسقطت فى وضع مقلوب على مائدة أو سرير من ارتفاع يوصتين .

وفى صيف عام ١٨٥٣ أصابه «نوع من الحمى المخية» . وظل ماكسويل مريضا عدة أسابيع ولازمته آثار هذا المرض فترة طويلة بعد ايلاله منه ، ولا شك أن تلك الفترة كانت من الأوقات العصيبة بالنسبة له ، ولكن أسبابها ظلت خافية غير معروفة . وكل ما يعرف عنها أنها أدت الى زيادة ايمان ماكسويل الدينى ، وهو ورع عميق مخلص ، يقرب من الكالفنية الاسكتلندية ولكنه لا يمكن أبدا تشبيهه بأى نظام أو طائفة خاصة . وكان من عادته أن يقول : « اننى لا أحتمل الهرطقة » .

وفى يناير عام ١٨٥٤ دخل ماكسويل امتحان المسابقة فى بيت السينت بكامبريدج ، وقد لف بطانية حول رجليه وقدميه ، حسب نصيحة والده ، لكى يخفف من حدة البرد القارس ، وكانت حرارته مرتفعة . ومع ذلك ، كان ترتيبه فى المسابقة الثانى ، وكان الأول هو الرياضى الشهير ادوارد

جيمس كلارك ماكسويل.

روث (وفي مسابقة أخرى بكامبريدج . للحصول على
« جائزة سميث » حيث كانت مواد الاختبار أكثر تقدما ،
حصل ماكسويل وروث معا على المكانة الأولى) •

★★★

وبعد حصوله على شهادته ، بقي ماكسويل مدة عامين
في ترينتي ، يدرس ويحاضر ، ويمطي دروسا خاصة
للتلاميذ ، ويجري تجارب في علم الضوء • وقد صمم نحلة
ذات أقراص ملونة لدراسة اختلاط الألوان ، وقد أمكنه أن
يثبت أن تركيبا مناسباً من ثلاثة ألوان أولية - وهي الأحمر
والأخضر والأزرق - ينتج عنه « لدرجة قريبة جدا من
التقريب » كل ألوان الطيف تقريبا • وحصل أخيرا على
ميدالية رامفورد من الجمعية الملكية نتيجة بحوثه هذه عن
'الاحساس بالألوان' •

ولعل أهم نشاط زاوله ماكسويل في العامين اللذين
لحقا تخرجه ، وهما العامين اللذان قضاهما في ترينتي ،
كان قراءته لكتاب فاراداي عن « بحوث تجريبية » ، وكذلك
بدم دراساته في الكهرباء ، وهي الدراسات التي أدت إلى
أعظم كشفه • وقبل مغادرته ترينتي نشر أول عمل كبير له
وهو بحث جميل « حول خطوط القوى لفاراداي » • وفي
عام ١٨٥٦ عين ماكسويل أستاذا لكرسي الفلسفة الطبيعية
بكلية ماريشال بمدينة أبردين ، وكان من ضمن الأسباب
التي حدث به إلى التقدم لهذا المنصب رغبته في أن يكون
يقرب والده الذي كانت صحته قد أخذت في التدهور ، ولكن
آباء مات قبل تعيينه في منصبه الجديد ببضعة أيام •

وكانت وفاة أبيه صدمة له وخسارة لا تعوض ، فقد كان دائما قريبين من بعضهما البعض ، كما يجب أن يتقارب الأب وابنه . وفي أبردين استأنف ماكسويل بحوثه في الكهرباء . وكان عمله في التدريس خفيفا . ومع أنه كان يأخذ التدريس مأخذا جيدا إلا أنه لا يمكن القول أن ماكسويل كان مدرسا عظيما ، فقد كان يجد صعوبة مع الفصول التي لا تتميز بالدكاء . ولم يستطع أن ينفذ النصيحة التي كان قد قدمها لصديق له كان عليه أن يلقي موعظة في إحدى المقاطعات ، عندما قال له : « لا تثقل عليهم واجعلها خفيفة على قلوبهم » . واضطر ماكسويل إلى قطع دراساته في الكهرباء التي كان يجريها في أبردين مدى عامين تفرغ فيها للأعداد المتسلسلة أجرتها جامعة كامبريدج للحصول على جائزة عن بحث حول حلقات الكوكب زحل هل هذه الحلقات صلبة ، أم هي مائية ؟ أو هل تتكون هذه الحلقات من كتل من المادة غير متماسكة ؟ وكان على الباحث أن يثبت أي نوع من هذه التركيبات للحلقات يمكنه أن يفسر تفسيراً سليماً حركة واستمرار هذه الحلقات . واستطاع ماكسويل ، في رسالة رائمة تقع في ٦٨ صفحة ، وصفها سير جورج أيرى ، عضو المرصد الملكي . بأنها أعظم ما رأى من تطبيق للرياضيات ، استطاع ماكسويل أن يبرهن على أن التركيب الوحيد الثابت لا بد وأن يتكون من جسيمات غير متماسكة . ونالت رسالته الجائزة ولكنها أيضاً أرست مكانته كأحد قادة الفيزياء الرياضية .

ولقد أثارت بحوثه عن زحل شغفه بنظرية حركة الغازات وكان الذين سبقوا ماكسويل في هذا المجال من

متسال رودلف كنوزياس ودانيال برنولى وجيمس جولد وغيرهم ، قد نجحوا في تفسير كثير من خواص الغازات مثل الضغط والحرارة والكثافة ، وذلك بفرض ان الغاز يتكون من جسيمات سريعة الحركة . الا انهم لتسهيل معالجة الموضوع رياضيا افترضوا ان كل جسيمات الغاز تتحرك بنفس السرعة . وقد وجد ماكسويل أن هذا الفرض لا يمكن قبوله ، وذلك لأن التصادم بين الجسيمات لا يد أن يعطيها سرعات مختلفة . فاذا كان لملم الغازات أن يتطور على « أسس ميكانيكية سليمة » فلا بد ، كما قال ، من أخذ هذا العامل في الاعتبار ، ولا بد من ادخاله في المادلات انرياضية التي تعالج قوانين حركة الجسيمات .

وأخذ ماكسويل في دراسة رياضية لمجموعة من الجسيمات المتصادمة باعتبارها « كريات صغيرة صلبة وتامة المرونة لا تأثير لاحداها على الأخرى الا في أثناء التصادم » . ولما لم يكن من الممكن تناول هذه الجزيئات الكثيرة منفردة كل على حدة ، فقد أدخل الطريقة الاحصائية في تناولها ، فافترض أن توزيع السرعات بين جزيئات الغاز انما يتبع المنحنى الشهير لتوزيع الذبذبات ، والذي يشبه الجرس في شكله ، والذي ينطبق أيضا على كثير من الظواهر مثل عدد الاصابات التي تصيب هدفا ما ، الى توزيع أطوال الرجال . بين مجموعات مختلفة منهم . وهكذا ، فانه في الوقت الذي قد لا نستطيع فيه تحديد سرعة جزيء واحد منفرد نستطيع وصف سرعة مجموعة من الجزيئات . وعندما استطاع ماكسويل اعطاء وصف كمي لسرعات جزيئات الغاز ، أمكنه التوصل الى معادلة دقيقة لضغط الغاز . ومن العجيب أن

هذه المعادلة لم تختلف عن المعادلة الأخرى التي بنيت على أساس أن لجميع جزيئات الغاز سرعة واحدة ، ولكن أمكن في النهاية التوصل الى النتيجة السليمة عن طريق التفكير الأسلم - كما أمكن ، بفضل تعميم ماكسويل وبراعته الرياضية ، استخدام وسائله في جميع فروع الفيزياء تقريباً .

ثم أخذ ماكسويل في دراسة عامل آخر كان لا يد من تحديده نظراً لأهميته بالنسبة للصياغة الدقيقة لقوانين الغازات ألا وهو : المسافة التي يسيرها الجزيء ، في المتوسط ، بين كل تصادمين ، أى متوسط مساره الحر . وفكر أن متوسط المسار الحر للجزيئات لأى غاز يمكن قياسه بواسطة لزوجة الغاز ، فإذا افترضنا أن الغاز يتكون من مجموعات من الجزيئات ذوات السرعات المختلفة والتي تنزلق كل مجموعة منها فوق الأخرى ، بحيث يتولد عن هذا احتكاك ، فانه سينجم عن هذا لزوجة الغاز . وعلى هذا يرتبط متوسط المسار الحر للجزيئات بلزوجة الغاز على النحو التالى : تصور طبقتين من الجزيئات تنزلقان الواحدة فوق الأخرى ، فإذا سار جزيء مارق من طبقة لأخرى مسافة قصيرة قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان الجسيمين لا يتبادلان الكثير من العزم ، وذلك لأن فرق السرعة بين الطبقتين ، قرب الحدود الفاصلة بينهما يكون ضئيلاً . ولكن اذا اخترق الجزيء مسافة طويلة في الطبقة الأخرى قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان مفاضل السرعة يكون أكبر ؛ وبذلك يكون تبادل العزم بين الجزيئين المتصادمين أكبر كذلك . وهذا الاستنتاج يعنى أن الغاز الذى له لزوجة عالية يجب أن يكون لجزيئاته متوسط مسار حر أطول . وبذلك استنتج

ماكسويل الحقيقة التي قد تبدو محيرة وهي أن لزوجة الغاز لا تعتمد على كثافته ، وذلك لأن زيادة احتمال التصادمات في غاز كثيف تنقضها حقيقة أنه في مثل هذا الغاز لا ينتقل الجزيء طويلا في طبقة أخرى قبل أن يصطدم بجزيء آخر . ولايجاد توازن ، اذن ، لابد أن يبقى العزم المنقول عبر وحدة المساحات في الثانية ثابتا بنض النظر عن الكثافة .

وبذلك وضع ماكسويل تصميم ميكانيكي للغاز باختياره مجموعة من الجسيمات المزدحمة « تحمل معها كميات حركاتها وملاقاتها » ، تسير مسافات مميّنة ، تصطدم ، تغير حركتها ، تستأنف سيرها . وهكذا . وهكذا أمكن بواسطة هذا الصورة التي أعطاها ماكسويل للغاز التوصل الى تعريفات كمية دقيقة للخواص المختلفة للغازات ، ألا وهي : اللزوجة والانتشار وحرارة التوصيل . وكان هذا العمل انتصارا علميا من الدرجة الأولى . وقد وجه الكثير من النقد الى هذا النموذج على أساس أن جزيئات الغاز ليست صلبة ولا هي تامة المرونة ، مثل كرات البلياردو ، كما أن تأثيرها بعضها على البعض الآخر لا يقتصر على وقت التصادم . ومع كل هذا ، وبالرغم من كل هذه النقائص والأخطاء في هذا النموذج ، فإن النتائج التي وصفها سير جيمس جينز بأنها « لابد أن تكون ممتعة في الخطأ » قد أثبتت أنها صحيحة للغاية ، ومازال قانون ماكسويل عن سلوك الغازات مستعملا ليومنا هذا .

كان عالم الفيزياء الألماني لودفيج بولتزمان ، الذي أدرك مغزى وأهمية هذه الكشف ، قد بدأ في تنقيح وتعميم

برهان ماكسويل ، وأوضح أن توزيع ماكسويل للسرعات إنما هو الاحتمال الوحيد الممكن لحالة التوازن في الغاز .
وحالة التوازن هذه ، كما أدركها كلا الرجلين ، إنما هي الشرط الحركي الحراري لحالة الانتروبي أو درجة اتعادل العظمى ، أى حالة الاضطراب الكبرى ، التى تصبح فيها كمية الطاقة الصالحة لاعطاء شغل مفيد أقل ما يمكن .

وأدى مفهوم درجة التعادل بماكسويل الى اكتشاف احدى صور العلم الحديث الشهيرة وهى صورة « الجنية الفارزة » . ان الانتروبي المتزايد هو مصير الانسان ؛ لأننا لسنا على قدر كاف من الذكاء . ولكن الجنية قد وهبت القدرة على فرز جسيمات الغاز البطيئة الحركة وفصلها عن الجسيمات السريعة ، وبذلك تحيل الفوضى الى نظام . كما تحول الطاقة غير النافعة أو التى ليست فى متناول اليد الى طاقة نافعة تحت التصرف . وقد تصور ماكسويل احدى هذه الجنيات الصغيرة الذكية « تتحكم فى باب يتحرك دون ما احتكاك ، ويفصل بين جزئين من اناء ملىء بالغاز . فاذا تحرك جزئى سريع الحركة من اليسار الى اليمين ، تفتح الجنية الباب ، ولكن عندما يقترب جزئى بطيء الحركة فانها تغلق الباب . وبذلك تتراكم الجزيئات السريعة الحركة فى الجزء الأيمن من الاناء ، والجزيئات البطيئة الحركة فى الجانب الأيسر . وبذلك ترتفع درجة حرارة الغاز فى الجزء الأول على حين يبرد الغاز الذى فى النصف الثانى » . وبذلك تحبط الجنية القانون الثانى من قوانين الديناميكا الحرارية . ويقال ان الكائنات الحية تستطيع أن تقوم بمثل هذه العملية اذ يقول اروين شرودينجر ، انها تمتص الانتروبي السلبي

من يبيتها على هيئة الغذاء الذى تأكله والهواء الذى تستنشقه •

وكان كل من ماكسويل وبولتزمان ، وهما يعملان منفصلين ولكن فى منافسة هادئة ، قد حققا تقدما ملموسا فى شرح وتفسير سلوك الغازات بواسطة الميكانيكا الاحصائية • ولكن قابلتهما بعد مضى بعض الوقت ، عقبات كؤود • فهما لم يتمكننا ، مثلا ، من وضع معادلات نظرية دقيقة للحرارة النوعية لبعض انغازات (الحرارة النوعية هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الغاز درجة واحدة مئوية) • والتفسير الصحيح لما قابلهما من عقبات لا يمكن أن تقدمه سوى نظرية الكمات التى ظهرت فيما بعد ، وهى النظرية التى أوضحت أن دوران الجزيئات حول نفسها وذبذبتها انما تأخذ قيما محددة • ولكن لم يكن لنظرية الكمات ولا للنظرية النسبية ولا لغيرها من سبل الفكر التى أدت الى ثورة فى علم الفيزياء فى القرن العشرين ، لم يكن لكل هذا أن يأخذ مكانه ويظهر لولا الجهود الرائعة لهذين العالمين فى تطبيق الوسائل الاحصائية فى دراسة الغازات •

فى فبراير عام ١٨٥٨ ، كتب ماكسويل لعمته الأنسة كاي يقول : « أكتب اليك هذه الرسالة لأخبرك بأننى سوف أتخذ لى زوجة » • ثم أضاف : « ولكن لا تخافى ، انها ليست متخصصة فى الرياضيات ؛ ولكنها تتصف بصفات أخرى ، ومن المؤكد أنها لن توقف جهودى فى الرياضيات » • كانت عروسه هى كاترين مازى ديوار ابنة عميد كلية ماريشال • وكان زواجهما موفقا وثيق العرى ، فكانا ينعمان بالاشتراك فى كثير من الأعمال ، مثل ركوب الخيل والقراءة

والترحال ، كما وجد لها عملا تافها له في تجاربه العلمية . ولم ينجبا أطفالا ولكن هذا زاد من تعاطفهما وحبهما وتفانيهما .

وفي صيف عام ١٨٦٠ انتقل ماكسويل الى لندن لكي يعمل استاذًا للفلسفة الطبيعية في كلية الملك . وبقي بها مدة خمسة أعوام . وقد أتاح له سكته في لندن فرصة التعرف الى فاراداي ، الذي لم يكن يعرفه الا عن طريق المراسلة ، كما أتاح له التعرف الى غيره من العلماء . ولم يكن ماكسويل ممن يحبون العزلة ، فقد كتب الى صديقه ليتشفيلد يقول : « ان العمل والقراءة من الأشياء الطيبة ولكن الأصدقاء أفضل منهما » . وبالرغم من مشاغل ماكسويل الاجتماعية وعمله المرهق في التدريس بالكلية ، فان السنوات الخمس التي قضاها في لندن كانت من أحسن سنى حياته . وقد واصل فيها أبحاثه عن الغازات ، ففي الغرفة الواسعة الواقعة في الطابق الأعلى بمنزله بحي كنسنجتون عين لزوجة الغازات وحصل على البيانات العملية التي أيدت نظرياته العلمية . (وكان يوقد نارا حتى في أشد أيام القيظ ؛ لكي يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة ، كما كان يضع الفلايات فوق النار لكي يملأ بخارها الغرفة . وكانت مسز ماكسويل تعمل وقادا) . ولكن بحوثه الرئيسية كانت في نظرية الكهرباء ، وهي البحوث التي كان قد تركها ردها من الزم ثم عاد إليها .

★★★

كانت تجارب فاراداي قد توجت بحوثا استمرت قرنا من الزمان (وهي بحوث قام بها كولوم وأورستد وأمبير

وغيرهم) وكانت هذه البحوث قد أثبتت كثيرا من الحقائق عن الكهرباء وعلاقتها بالمغناطيسية ، فقد أوضحت أن الشحنات الكهربائية تتجاذب وتتنافر حسب قانون الجاذبية (أى أن هذا الجذب أو التنافر يتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما) ؛ كما أوضحت أن التيار يولد مجالا مغناطيسيا ، وأن المغناطيس المتحرك يولد تيارا ؛ وأن تيارا كهربيا فى إحدى الدوائر يولد تيارا حث فى دائرة كهربية أخرى .

وكان انتباه ماكسويل فى ذلك الوقت موجها الى محاولة تفسير هذه الظواهر . ما المجال ؟ وكيف تؤثر الكهرباء والمغناطيسية خلال الفضاء ؟ وكان فاراداي قد اقترح مفهومها جديدا للاجابة عن هذه الأسئلة ، وكانت أفكار فاراداي هذه هى التى أثارت شغف ماكسويل .

كان معظم علماء الفيزياء النظرية قد حاولوا المقارنة بين الكهرباء والجاذبية وسعوا لتفسير هذه الظواهر بوساطة نظرية « العمل من بعيد » . كانوا يتصورون أن أية شحنة (أو كتلة) عند نقطة ما فى الفضاء تؤثر بشكل هامض فى شحنة (أو كتلة) عند نقطة أخرى ، دون أية علاقة أو رابطة من أى نوع بين الشحنتين (أو الكتلتين) . ولكن فاراداي ، لكى يفسر الكهرباء ، افترض وجود نظام ميكانيكى ، وزعم أن التأثير الكهربى والمغناطيسى انما يتم خلال خطوط للقوى تنتشر فى الفضاء ، وهى ليست مجرد خطوط للقوى وهمية ، ولكنها خطوط فيزيائية واقعية لها خواص الشد والتنافر والحركة وغيرها .

وقد لخص ماكسويل الاختلاف بين وجهتي النظر بشكل رائع حين قال : « على حين كان فاراداي يرى بعين خياله خطوطا للقوى تمير الفضاء كله ، كان الرياضيون يرون مراكز للقوى تؤثر من بعد : وعلى حين كان فاراداي يرى وسطا لم يروا الا المسافة ، وعلى حين كان فاراداي يبحث عن اصل الظواهر في عمل واقعي يحدث في الوسط ، كانوا مقتنعين أنهم وجدوا أساس هذه الظواهر في قوة العمل من بعد وتأثيرها على السائل الكهربى » .

كان ماكسويل مؤمنا بمفهوم فاراداي ، ولذلك فقد أخذ على عاتقه تطويره وتنميته . وفى أول بحث له « حول خطوط القوى لفاراداي » حاول تصور نموذج يحيط بخطوط فاراداي ، ويمكن التعبير عن سلوكه بالمعادلات والأرقام . وهو لم يدع أن النموذج يمثل واقع الأحوال ، ولكنه كان يشعر أنه من المهم « أن نلم بمفهوم فيزيائى واضح - دون أن ترتبط بأية نظرية مبنية على العلوم الفيزيائية نستمد منها ذلك المفهوم » ولعل هذه الوسيلة تجنب الباحث سبلا قد تؤدي به الى أشياء مجردة أو « تقودنا بعيدا عن الحقيقة نتيجة لوجود افتراض مستعجب » .

وقد افترض ماكسويل أنموذجا هيدروديناميكيا أدخل فيه خطوط فاراداي للقوى على هيئة « أنابيب للتدفق » تحمل سائلا غير قابل للضغط مثل الماء . ويمثل السائل المتحرك فى الأنابيب الكهرباء فى حركتها ؛ ويعبر شكل الأنابيب وقطرها عن قوة التدفق واتجاهه ، وتتكايفا سرعة السائل مع القوة الكهربائية ، ويمكن مقارنة اختلافات ضغط السائل

باختلاف الجهد الكهربى ، وعندما ينتقل الضغط من أنبوبة
لاخرى بواسطة سطوح الانابيب المرنة ، فان هذا يشبه التأثير
الكهربى . وبتطبيق المادلات المعروفة للهيدروديناميكا على
مثل هذا الأنموذج ، استطاع ماكسويل تفسير كثير من الشواهد
المتعلقة بالكهرباء .

كان هذا بحثا رائعا ، غير فاراداي عن تقديره له
عندما كتب لماكسويل قائلا : « لقد خفت أول الأمر عندما
وجدتك تعالج الموضوع بهذه القوة الرياضية ، ولكن
تملكنى العجب عندما رايت نجاحك فى معالجة الموضوع »
ولكن الباحثين الاخرين لم يروا فى هذا البحث كل ذلك
النجاح . لقد كان يكتنف الكهرباء ما يكفيها من الغموض
ولم تكن فى حاجة الى اضافة أنابيب السوائل غير القابلة
للضغط . ولكن ماكسويل ، وقد اعتاد أن يوصف بأطواره
الغريبة لم يأبه بهذا واستمر فى تطوير آراء فاراداي
وأفكاره .

أما البحث الثانى العظيم لماكسويل فكان « حول
خطوط القوى الفيزيائية » . وقد نشره بعد عودته الى
دراسة موضوع الكهرباء فى لندن . وفى هذا البحث وضع
تصميما لأنموذج اخر أكثر تكاملا ؛ لكى يفسر به تأثيرات
الكهرباء الاستاتيكية ، وكذلك لتفسير التجاذب المغناطيسى
والتأثير الكهربى المغناطيسى . وفى هذا الأنموذج الجديد
اعتبر أن « الزوابع الجزيئية » التى تدور فى الفضاء انما
هى العوامل التى تولد المجالات المغناطيسية . ويمكن تصور
الزوامة الجزيئية على أنها أسطوانة رفيعة تدور حول خطوط

القوى المغناطيسية • ويرتبط عاملان ميكانيكيان بهذه الأسطوانات وهما : الشد في اتجاه خطوط القوى، والضغط الجانبي الناشئ من القوة الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الأسطوانات • وارتباط هذين العاملين ميكانيكيا يولد الظواهر المغناطيسية • ان المغناطيسية عبارة عن قوة تؤثر في اتجاه المحور كما تؤثر من المحور الى الخارج •

واصل ماكسويل جهوده لكي يوضح كيف أن هذا النموذج العجيب قد يفسر تولد المجال المغناطيسي بوساطة تيار كهربى ، وكذلك تولد تيار كهربى بوساطة مجال متغير، فافترض أولا أن المجال المغناطيسى الموحد يتكون من جزء من الفضاء ملى بأسطوانات تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » • ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » • ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور فى نفس الاتجاه فكلنا يعلم أن دوران اسطوانة أو عجلة فى اتجاه ما يؤدى الى دوران العجلة المجاورة لها فى الاتجاه المضاد • وهنا خطرت لماكسويل فكرة رائعة • اذن ، لابد من وجود كرات صغيرة ، مثل طبقات رمان البلى ، بين الأسطوانات (أطلق ماكسويل على هذه الكرات اسم « العجلات الخاملة ») ، وبذلك أمكن أن تدور الأسطوانات فى نفس الاتجاه •

وهنا ، كوفىء ماكسويل على نبوغه اذ أدرك أن هذه الكرات يمكن أن تلعب دورا آخر ذا قيمة أكبر • لماذا لا تمثل هذه الكرات الجسيمات الكهربائية ؟ وبذلك يمكن

تصور وفهم كثير من الظواهر الكهربائية بدراسة الحركة
الميكانيكية لهذه الكرات .

ولنضرب الأمثلة التالية : عندما تدور الأسطوانات فى
مجال مغناطيسى غير متغير ، فإن معدل دورانها يظل ثابتا ،
وتعافظ الكرات الصغيرة الدائرة على اوضاعها ، ولا تتدفق
الجسيمات ولا يتولد تيار كهربى . ولكن إذا حدث تغيير فى
القوة المغناطيسية ، فإن هذا يعنى حدوث تغيير فى سرعة
دوران الأسطوانات . وكلما زادت سرعة كل أسطوانة ، فإن
هذه الزيادة فى السرعة تنتقل الى الأسطوانة المجاورة
وهكذا . ولكن لما كانت سرعة دوران كل أسطوانة تختلف عن
سرعة الأسطوانة المجاورة ، فإن هذا يؤدى الى انتزاع الكرات
الموجودة بينها من مواضعها . وهذه الحركة الانتقالية
للكرات أو للجسيمات تمثل التيار الكهربى .

وهنا يتخذ هذا النموذج لنفسه حياة خاصة . فبعد أن
كان قد صمم أولا لتفسير تولد التيارات الكهربائية من
التغيرات المغناطيسية ، اذا به يوحى لماكسويل تفسيراً لتولد
المغناطيسية من تغير القوة الكهربائية . ولنفترض الآن أن
الكرات والأسطوانات فى حالة سكون . فاذا أثرت قوة ما فى
الكرات الكهربائية ، ودفعتها للحركة ، فإن أسطوانات
المغناطيسية الملتصقة بها سوف تأخذ فى الدوران ، مولدة
بذلك قوة مغناطيسية . ويصمد هذا النموذج كذلك أمام
التفاصيل . ولتأخذ مثالا واحدا على ذلك . ان دراسة
نموذج ماكسويل تبين أن : الأسطوانات تدور فى الاتجاه
المعكوس لحركة الكرات ، وبذلك يفسر ما شوهد من أن

المجال المغناطيسى يعمل فى اتجاه عمودى على اتجاه سريان التيار الكهربى !

ولقد كتب ماكسويل عن أنموذجه هذا فقال : « اننى لا اقدم هذا الأنموذج باعتباره حقيقة واقعة فى الطبيعى ولكنه أنموذج يعطى تفسيرا ميكانيكيا يمكن دراسته بسهولة للعلاقات بين الظواهر الكهربيه والمغناطيسيه المعروفة » . ومن بين هذه العلاقات الميكانيكيه الأخرى التى أمكن لماكسويل أن يفسرها ، التناظر الكهربى بين سلكين متوازيين يحملان تيارين فى اتجاهين متضادين (حيث أرجع ذلك الى الضغوط الطاردة المركزيه ؛ للأسطوانات اندائرة ، على الجسيمات الكهربيه فى الأنموذج) ، وكذلك فسر تيارات العث (نتيجة لانتقال سرعة الدوران من أسطوانة الى أخرى) .

ولم يترك ماكسويل أنموذجه عند ذلك الحد ، اذ كان على هذا الأنموذج أن ينجح فى الامتحان الاكبر : وذلك اذا أعطى تفسيرا ميكانيكيا لنشأة الموجات الكهربيه المغناطيسيه . وهنا يجدر بنا أن نتجه لدراسة موضوع المكثفات والموازل ، اذا رغبنا فى أن نلم بهذا الموضوع .

كان فاراداي ، فى أثناء اجرائه لتجاربه ، قد توصل الى حقيقة عجيبة ، وهى أن نوع العازل المستخدم فى المكثف يؤثر تأثيرا كبيرا فى اختلاف سعة المكثف وقدرته على احتواء الشحنة . وكان من الصعب اعطاء تفسير لهذه الظاهرة طالما كانت الموازل متساويه فى عدم سماحها للتيارات الكهربيه بالمرور . ولكن ماكسويل ، وبفضل أنموذجه ، أمكنه أن يقدم افتراضا جريئا يقول ان الجسيمات الكهربيه لا تستطيع

ان تتحرك بحريتها من أسطوانته لاجرى فى المواد العازلة ،
ومن ثم لا يسرى تيار كهربى . غير أنه كان من المعلوم أن
« ظواهر كهربية محلية » تحدث فى هذه الموازل . ولذلك ،
فقد افترض ماكسويل أن هذه الظواهر ان هى الا تيسارات
من نوع خاص ، فعندما تؤثر قوة كهربية على جسم عازل ،
فان جسيمات الكهرباء تتزحزح ولكنها لا تنفرط : انها
تتصرف كما لو كانت سفينة ألقت مراسيها فى بحر متلاطم ،
تحركها الرياح حول مرساها فى مسافة محددة ، والى الحد الذى
تتبادل فيه قوة الدفع مع قوة شدتها الى المرساة . وتتحرك
الكرات الكهربائية مسافات محددة حيث تتبادل قوة الدفع مع
مقاومة الأسطوانات المرنة . وبمجرد أن تتوقف القوة الدافعة
ترتد الجسيمات الى أماكنها الأصلية . وعندما يرتد الجسم
فانه لا يصل الى موضعه الأصلي بل يتمداه ، ثم يأخذ فى
الذبذبة حول هذا الموضع الأصلي . وهكذا تنتقل هذه
الذبذبة خلال العازل على هيئة موجة . وهكذا يسرى تيار
ازاحى لفترة قصيرة ، وذلك لأن الموجة ان هى الا التيار .
واذا تغيرت القوة الكهربائية المؤثرة على العازل بشكل مستمر ،
تولدت موجة ازاحية متغيرة باستمرار ، أى تولد تيار
مستمر .

وعلى اثر ذلك : توصل ماكسويل الى نتيجة تعتبر من
الفتايج الفاصلة وتتناول العلاقة بين سرعة الموجة الازاحية
أو التيار ، وسرعة الضوء . وهنا علينا أن نعود الى أبحاث
عالمى الفيزياء الألمانين ويلهلم فيبر وفردريك كوهلراوش
عن العلاقة بين قوة الكهرباء الاستاتيكية وقوة الكهرباء
الديناميكية . وكانت وحدة شحنة الكهرباء الاستاتيكية تعرف
بأنها التناثر الذى يحدث بين وحدتين من الشحنات المتماثلة

بينهما وحدة المسافات • أما وحدة شحنة الكهرباء الديناميكية فانها تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين طولين معينين من سلكين يحملان تيارين كهربيين ، « ويمكن تعيينهما بكمية الشحنة التى تمر عبر أية نقطة فى وحدة الزمن » •

ولايجاد مقارنة بين التنافر بين الشحنات الاستاتيكية والتنافر بين الشحنات المتحركة ، كان لا بد من ادخال ثابت للتناسب ، وذلك لاختلاف الوحدات • وقد وجد أن هذا الثابت انما يمثل مرة ، وذلك لأن طول السلك ثابت ، وعدد وحدات الكهرباء التى تمر بنقطة معينة يمكن قياسه ، ولذلك فعلى الباحث أن يأخذ فى الاعتبار الطول مقسوما على الزمن وهذا يعنى السرعة • ولقد وجد فيبر وكوهلراوش أن سرعة انتقال الكهرباء عبر سلك جيد التوصيل تقرب من 3×10^{10} سنتيمتر فى الثانية • وكانت هذه مصادفة عجيبة لأن هذا الرقم يكاد يقارب تماما سرعة الضوء التى سبق تعيينها قبل ذلك ببضع سنوات •

وهنا تابع ماكسويل هذه المصادفة وأيد أولا نتائج فيبر وكوهلراوش • مستخدما ميزان لى لمقارنة التنافر بين شحنتين استاتيكيتين وكذلك بين سلكين يحملان تيارين كهربيين ، كما عين فى نفس الوقت سرعة التيارات الازاحية فى ثنائى التكهرب (أو الجسم العازل) • وجاءت النتائج متطابقة الى حد كبير • وبمعنى آخر فان التيارات الكهربائية فى الموصلات الجيدة ، والتيارات الازاحية فى الأجسام العازلة ، والضوء فى الفضاء (وهو بالطبع جسم عازل) انما تنتقل كلها بنفس السرعة • وعندما توصل ماكسويل الى هذا البرهان لم يتردد فى تأكيد وجود الشبه بين هذه

الظواهر وهى التحركات الكهربائية والضوء ، وقال : « انشأنا لا نستطيع أن نتجنب هذه النتيجة وهى أن الضوء يتكون من تموجات مستعرضة فى نفس الوسط الذى يسبب الظواهر الكهربائية والمغناطيسية » .

وكان على ماكسويل بعد ذلك ان يطور انموذجه ، وفى بحثه « نظرية ديناميكية للمجال الكهربى والمغناطيسى » الذى نشره عام ١٨٦٤ ، كشف عن البناء الذى كان قد وضع تصميمه . وكما قال سير ادموند هوتيكر : « لقد أزال السقالات التى ساعدته فى أول الأمر على بناء أنموذجه » ، فقد اختفت الجسيمات والأسطوانات ؛ وحل محلها المجال والأثير ، وهو نوع خاص من « المادة المتحركة يتولد عنها ما نشاهده من الظواهر الكهربائية والمغناطيسية » . وللمادة التى يتكون منها الأثير خواص عجيبة . أنها غاية فى الدقة وقادرة على اختراق الأجسام ، أنها تملأ الفضاء بوسط مرن ؛ أنها مركبة من « التموجات الضوئية والحرارية » .

ومع كل ما يمتاز به الأثير من البراعة والمهارة والدقة فإنه لا يقل فى تركيبه الميكانيكى عن الأسطوانات والكرات ، فهو يتحرك ، وينقل الحركة ويتشكل بمرونة ، ويخزن الطاقة الكامنة (الميكانيكية) ويطلقها عندما تزول عنه الضغوط التى تسبب تغير شكله . وهو باعتباره تركيباً ميكانيكياً ، كما قال ماكسويل : « يجب أن يخضع للقوانين العامة للديناميكا ، ويجب علينا أن نكون قادرين على معالجة كل آثار حركته ، على شرط أن نعرف العلاقة بين حركات أجزائه المختلفة » . وقد أخذ على عاتقه مهمة حل هذه المسائل فتوصل الى المعادلات الماكسويلية الشهيرة عن المجال الكهربى والمغناطيسى . ولقد ظهرت هذه المعادلات فى شكلها

النهائي في كتابه عن الكهرباء والمغناطيسية الذي يجمع نتائج آرائه وأفكاره وتجاربه خلال عشرين عاما .

بنى ماكسويل هذه المعادلات على قواعد أربع وهي :

(١) إذا أثرت قوة كهربية في موصل ، تولد تيار يتناسب مع هذه القوة ، (٢) إذا أثرت قوة كهربية على جسم عازل تولدت ازاحة تتناسب مع هذه القوة ، (٣) يولد التيار الكهربي مجالا مغناطيسيا عموديا على اتجاه مرور التيار ويتناسب مع شدته ، (٤) يولد المجال المغناطيسي المتغير قوة كهربية تتناسب مع شدة المجال . وهناك تشابه وتناسق عجيب بين القاعدتين الثالثة والرابعة . والقاعدة الثالثة ، هي قانون فاراداي للتأثير الكهربي المغناطيسي ، وحسب هذه القاعدة فان « معدل تغير عدد خطوط التأثير المغناطيسي التي تمر خلال دائرة كهربية يساوي الشغل المبذول في نقل وحدة الشحنة الكهربية حول هذه الدائرة » . أما قانون ماكسويل المكمل لهذا ، وهو القاعدة الرابعة ، فانه يقول ان : « معدل التغير في عدد خطوط القوة الكهربية التي تمر خلال دائرة كهربية يساوي الشغل المبذول في نقل وحدة القطب المغناطيسي حول هذه الدائرة » .

وعلى هذا الأساس يمكن وضع معادلتين متناسقتين احدهما تعبر عن الطبيعة المستمرة للمجالات الكهربية والمغناطيسية ، والاخرى توضح كيف ان التغيرات في أحد المجالين تؤدي الى تغيرات في المجال الآخر .

كيف ، اذن ، يدخل مفهوم المجال في هذه النظرية ؟ لقد تتبعنا ماكسويل عندما نزع عن أنموذجه الجسيمات والأسطوانات واختزله الى وسط أثري . وهو الآن يكاد ينزع عن الوسط كل صفاته فيما عدا الشكل . ان جميع

جيمس كلارك ماكسويل.

صفاته قد أصبحت هندسية بحتة . وما هذا الا مثال كامل.
للتجريد الرياضى .

ان الاثير ما هو الا شيء يرتجف اذا ما وخنز ، ولكنه
لا يتأتى فعلا من ذاته . ويتكون المجال الكهربى المغناطيسى
من نوعين من الطاقة هما : طاقة كهربية استاتيكية او
كامنة ، وطاقة كهربية ديناميكية او طاقة حركة ، ويمكن
تصور الاثير : باعتباره مكثفا كونيا . على انه يخترن الطاقة ،
وفى هذه الحالة ، ولأنه من ، فان شكله يتشوه . ولما كان
الاثير يملأ الفضاء كله ، فانا لا نجد فارقا سواء تناولنا
تيارا حاثا او تيارا ازاحيا ؛ فالاثير فى كلا الاحالين يأخذ
فى الحركة . وهذه الحركة تنتقل ميكانيكيا من أحد اجزاء
الوسط الى الجزء التالى له حيث ندركها نحن على هيئة حرارة .
أو ضوم أو قوة ميكانيكية (مثل التنافر بين الأسلاك) او
على هيئة اية ظاهرة مغناطيسية أو كهربية أخرى . ان القاعدة
التي تحكم كل هذه الظواهر ، هى قاعدة الشغل الأقل .
هذا هو القانون الأكبر للطبيعة الشحيحة (ان كل شغل فى أى
جسم انما يبذل باقل ما يمكن من الطاقة) وكان هم ماكسويل
الأكبر أن تنطبق هذه القاعدة على الظواهر الكهربائية
والا استحال تفسيره الميكانيكى لهذه الظواهر .

★★★

فاذا أخذنا هذه النقاط فى اعتبارنا ، أمكننا أن ندرس
مجموعة من معادلات ماكسويل التي تصف سلوك المجال
الكهربى المغناطيسى فى الفضاء الخالى . وفى هذه الحالة
لا توجد موصلات أو شحنات طليقة ، وينشأ المجال من منطقة
أخرى فى الفضاء .

والمعادلة الأولى هي :

$$\text{انفراج ك} = \text{صفر}$$

وتمثل ك قوة المجال الكهربى ، الذى يتغير بتغير الزمان والمكان . وهذه المعادلة تمثل عملية رياضية تعطى معدل التغير . وتعنى هذه المعادلة أن عدد خطوط القوة الكهربائية (التى تمثل قوة المجال) التى تدخل أى حجم ضئيل فى الفضاء لايد وأن يساوى عدد خطوط القوى التى تغادر المكان . أى أن معدل التغير فى عدد خطوط القوى يساوى صفرا ، لأنها لا تخلق ولا تفتنى .

والمعادلة الثانية هي :

$$\text{انفراج م} = \text{صفر}$$

حيث تمثل م المجال المغناطيسى ، وتعطى هذه المعادلة نفس المفهوم السابق ولكن عن المجال المغناطيسى .

والمعادلة الثالثة هي :

$$\text{دوران ك} = - \frac{1}{\text{س}} + \frac{\text{م}}{\text{د}}$$

وهذه المعادلة التى وضعها ماكسويل تمثل قانون فاراداي عن الحث ، وهى تصف ما يحدث فى مجال مغناطيسى متغير .

أما $\frac{\text{م}}{\text{د}}$ فإنها تعبر عن معدل تغير المجال المغناطيسى .

فالمجال المغناطيسى المتغير يولد مجالا كهربيا ، وهذه الحقيقة يعبر عنها الجزء الأيمن من المعادلة . والمعادلة ليست مجرد تحليل ، انها تعطى صورا واقعية عما يحدث . فلنفترض وجود مجال مغناطيسى منتظم فى منطقة ما من الفضاء ، فإن

حزمة من الخطوط المتوازية تمثل شدة المجال واتجاهه . فإذا تغير المجال (بالحركة أو بزيادة أو انخفاض قوته) . فإنه يولد مجالاً كهربياً يؤثر في دائرة حول خطوط القسوى المغناطيسية ، والشغل المبذول في تحريك وحدة الشحنة الكهربائية حول هذه الدائرة . فإذا كانت الدائرة عبارة عن سلك كهربى فإن الخطوط المغناطيسية المتغيرة تؤدي الى مرور تيار ، ولكن حتى بدون وجود سلك فإنها تؤدي الى وجود قوة . فإذا قسمنا هذه القوة على المساحة المحصورة بالدائرة فإن هذا يعطينا القوة الدافعة الكهربائية (لوحدة المساحات) التى تدور حول الدائرة . فإذا تصورنا أن الدائرة أخذت تصغر رويدا رويدا الى ان تنكمش فتصبح نقطة أ . بهذه الطريقة نحصل على القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات وهى : دوران ك عند أ . وبهذا تدلنا المعادلة على أن القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات تساوى معدل تغير م عند النقطة أ ، مضروبة فى الكسر الضئيل السالب $-\frac{1}{s}$. و س هنا ترمز الى نسبة وحدة الكهرباء الاستاتيكية الى وحدة الكهرباء المغناطيسية ، اذ يلزم هنا أن نحول ك (وهى ظاهرة كهربية استاتيكية) و م (وهى ظاهرة كهربية ديناميكية) الى نفس النظام من الوحدات . وتبين المعادلة كيف استطاع ماكسويل أن يربط بين الظاهرتين الكهربائية والمغناطيسية وبين سرعة الضوء . وذلك لأن س ما هى فى الحقيقة الا سرعة الضوء .

والمعادلة الأخيرة هي :

د ك ١

$$\frac{1}{\text{د ك}} \times \frac{1}{\text{س}} = \text{دوران م}$$

وهي تبين أنه فيما عدا التغير في العلامة الجبرية (وهي تدل على اتجاه المجال) ، فإن دوران ك و م في المعادلة السابقة يمكن عكسهما . فعند أية نقطة وفي أية لحظة تساوى القوة المغناطيسية لوحدة المساحات التي تولدت عن مجال كهربى متغير ، تساوى معدل تغير المجال الكهربى مع الزمن مضروباً في كسر ضئيل موجب هو $\frac{1}{\text{س}}$. والآن فإن معدل التغير هذا ما هو إلا تيار الازاحة لماكسويل . ولما كانت التغيرات تحدث فى الجسم العازل المعروف بالفضاء ، فإن التيارات الوحيدة التي يمكن أن تسرى انما هي تيارات ازاحية . وكان يطلق قبل ماكسويل أن المجال المغناطيسى يمكن أن يتولد فقط بواسطة تيارات تسرى فى أسلاك . ولكن الفضل كان لاكتشاف ماكسويل العظيم ، الذى استنتجه ميكانيكيا من أنموذجه ، والذى عبر عنه رياضيا فى هذه المعادلة ، إذ مكننا من أن ندرك أن مجالا كهربيا متغيرا مع الزمن يولد قوة مغناطيسية حتى فى جسم عازل أو فى الفضاء .

وطبقا لنظرية ماكسويل ، فإن ادخال قوة كهربية متغيرة مع الزمن فى الجسم العازل تولد موجات ازاحية تتحرك بسرعة الضوء . وهذه الموجات الدورية من الكهرباء الازاحية تصحبها قوة مغناطيسية دورية . وتتكون الموجة من ذبذبات كهربية عمودية على اتجاه الازاحة الكهربائية . ومجموع هذه الحركات هو ما يسمى الموجة الكهرومغناطيسية

وموجة الضوء (وهي موجة ازاحية) ، كما أوضح هنري بوانكاريه فيما بعد ، ان هي الا « سلسلة من التيارات المتغيرة ، تسرى في الجسم العازل ، أو في الهواء ، أو في الفضاء بين الكواكب ، وتغير اتجاهها ١٠ ١٠ مرة كل ثانية . ويتولد عن هذا العدد الهائل من التغيرات السريعة تيارات في الأجزاء المجاورة من العازل ، وهكذا تنتقل موجات الضوء من مكان الى مكان » .

وقد اختبرت نظرية الضوء الكهرومغناطيسية عملياً وصمدت بجدارة أمام التجارب العملية . ولكن كانت هناك طرق أخرى لاختبار صحة نظرية ماكسويل . فإذا كان منطقته سليماً فلا بد أن تولد المصادر الأخرى للاضطراب موجات كهربية أخرى ذات ذبذبات تختلف عن ذبذبة الضوء . وهذه الموجات تكون غير مرئية ، الا أنه لا بد من تمييزها بوساطة أجهزة خاصة . ولم يمش ماكسويل حتى يرى اكتشاف هذه الموجات . ولكن هنريش هيرتز استطاع ، بعد وفاة ماكسويل بعشرة أعوام ، كسب السبق وإثبات وجود هذه الموجات . لقد استطاع عن طريق سلسلة من التجارب الرائعة ، توليد موجات الراديو الكهربية . وخلص من ذلك الى ثبوت الرابطة « بين الضوء والكهرباء » التي كثرت حولها الهمسات والشكوك والتنبؤات . . ولم يعد أفق علم البصريات مقصوراً على موجات أثرية دقيقة يبلغ طولها مجرد كسر صغير من المليمتر ، لقد اتسع افقها ليشمل موجات تقاس بالسنتيمترات والأمتار والكيلو مترات . وبالرغم من هذا الاتساع ، فإنه يبدو مجرد جزء صغير من أفق الكهرباء الواسع . وهكذا نرى أن الكهرباء قد أصبحت مملكة جبارة » .

وكان ماكسويل قد أتم بحثه العظيم عن النظرية الكهرومغناطيسية في حين كان « على الماعش » في جليتلير . ولم تستنفد الاجزاء صغيرا من طاقته ، فقد كان يقوم بجوار هذا العمل ، وفي نفس الوقت ، بكتابة كتاب في الحرارة وعدة بحوث أخرى في الرياضيات ، ورؤية الألوان ، وغيرها من الموضوعات الفيزيائية . وظل في مراسلات كثيرة علمية واجتماعية ، ووسع منزله ، ودرس اللاهوت ، وألف موشحات من شعر سييء ، وكان يركب الخيل ، ويتخرج للسير مسافات طويلة مع كلابه ، ويزور جيرانه ويلعب أولادهم ، كما كان يقوم بزيارات كثيرة لكامبريدج للاشتراك في وضع امتحاناتها ومسابقاتها الرياضية والحكم فيها .

وفي عام ١٨٧١ أسس كرسى الطبيعة التجريبية في كامبريدج . ومع الصعب علينا أن نتصور أنه لم تكن تدرس في ذلك الوقت مقررات في الحرارة والكهرباء والمغناطيسية في تلك الجامعة ، كما لم يكن بها معمل معد لمتابعة هذه العلوم وإجراء التجارب فيها . وكانت الجامعة ، كما كتب أحد المثقفين المعاصرين ، « قد فقدت صلتها بالحركات العلمية العظيمة التي تجرى خارج أسوارها » . ولذلك فقد تكونت لجنة من الأساتذة لدراسة هذا الموضوع ، وأعدت تقريرا ، أوضحت فيه هذه الحقائق المذهلة ، وقدمته الى دوق ديفونشاير ، مدير الجامعة . فوافق على منح المبالغ اللازمة لبناء وتأثيث معمل كافنديش الشهير . ومع أن ماكسويل لم يكن يرغب في ترك جليتلير ، إلا أنه تحت ضغط أصدقائه تقدم لهذا المنصب الذي قبل فيه فورا .

وتفرغ ماكسويل وخصص وقته لتصميم الممثل والاشراف على بنائه . وكان هدفه أن يصبح أحسن معهد من نوعه ، يعوى أحدث الأجهزة ويستخدم أحسن الأساليب وأسلمها لأجزاء البحوث . وقدم لهذا الممثل كل أجهزته الخاصة وأكمل هبة الدوق بمبالغ أخرى سخاء من عنده . وكان على ماكسويل أن يهتم بالكثير من التفاصيل ، ولذلك فإن عملية البناء والتأثيث لم تتم إلا فى عام ١٨٧٤ . ومع أن هذا التأخير لم يكن منه يد ، فإنه اوجد بمض المتاعب ، فقد كتب ماكسويل يقول : « اننى لا أجد مكانا أضح فيه الكرسي الذى أجلس عليه ولذلك فأننى أنتقل من مكان الى آخر مثل المصفور ، حيث ألقى « آرائى » فى الفترة الأولى فى مدرج الكيمياء ، وفى قسم النبات فى الفترة الثانية ، وفى قسم التشريح فى الفترة الثالثة » . ولم تكن « آراؤه » هذه سوى مقرراته التى كان يلقيها فى الحرارة والكهرباء والكهرومغناطيسية .

فى عام ١٨٧٦ نشر كتاب ماكسويل عن « المادة والحركة » ، وهو « كتاب صغير فى موضوع عظيم » وحوالى ذلك الوقت ، كتب مقالات عدة فى موضوعات مختلفة - مثل « الذرة » و « الأثير » و « التجاذب » و « فاراداي » وغيرها - للطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية . وكانت محاضراته العامة تتناول مجموعة لطيفة من الموضوعات مثل « حول التليفون » . ولما كان قد ألقى هذه المحاضرة وهو مريض جدا ، فإنها لم تكن واضحة مثل أحسن انتاجه ، وكانت كذلك مليئة بالجوانب المرحية المسلية . فعندما تحدث عن « اختراع الأستاذ بل » علق على التناقض المجيب التام بين

جميع أجزاء الجهاز « فالسلك فى الوسط ، والتليفونان فى نهايتى السلك . والثرثاران فى طرفى التليفونين » . وقد أمضى ماكسويل خمسة أعوام فى تحرير ونشر ٢٠ مجموعة من بحوث هنرى كافنديش التى لم تكن قد نشرت . وكان المجلدان الرائعان اللذان نشرهما عام ١٨٧٩ سببا فى تأكيد شهرة وعظمة كافنديش باحث القرن الثامن عشر الموهوب ، الذى لم تكن بحوثه فى الكهرباء معروفة لمعاصريه ، وذلك لأن نتائج بحوثه لم تخرج عن حيز مذكراته . ولقد أعاد ماكسويل اجراء تجارب كافنديش وبين أنه قد توصل الى كشف هامة فى الكهرباء من بينها قانون أوم .

ولما تقدمت بماكسويل السن أخذ أصدقاؤه يلاحظون تزايد روحه الاجتماعية . لقد استمر يرى أصدقاؤه الكثيرين وينظم أشعارا خفيفة ويتنزه مع كلبه توبى ، ويأتى ببعض المداعبات اللطيفة . الا انه أصبح كتوما وصار يخفى مشاعره واحساساته خلف ستار من السخريات وكانت طبيعته الاسكتلندية الجافة العقلية تختلط دائما بخيوط رفيعة من الغموض . كان يؤمن بالعلم ، الا انه كان فى أعماقه متشككا فى قدرة العلم على إيضاح أسرار الطبيعة ومعانيها . وقد وصفه معاصروه بأنه كان متواضعا كما كان لاذعا فى نقده العلمى ، وكان تجريبييا فى آرائه العلمية بقدر ما كان جامدا عندما يبدو الآخرون واثقين من أنفسهم .

ولعل أحسن ميزات ماكسويل كانت ظرفة ولطفه وحنانه . وكانت علاقته بالمقربين منه تقوم على تفانيه وأخلاصه وانكاره لذاته بشكل منقطع النظير . فعندما جاء

نسيبه الى لندن لاجراء عملية جراحية . ترك ماكسويل الطابق الأول من منزله له ولمرضته وسكن هو في حجرة كانت من الصغر بحيث كان يتناول افطاره وهو راكع لأن الحجرة لم تكن تتسع لكرسی بجوار المائدة . وفي السنوات الأخيرة من حياة ماكسويل أصيبت زوجته بمرض خطير امتد مدة طويلة . وأصر هو على تمريضها . ويقال انه في فترة ما لم ينم في سرير مدة ثلاثة أسابيع . ومع ذلك فقد استمر في عمله كالمعتاد وكان مرحا كما لو كان يستعذب الشدة . ومن يدرى فلعله كان فعلا يستعذب المحنة . ولم يظهر أبدا ما يدل على مرضه الخطير .

وفي ربيع عام ١٨٧٧ بدأ يحس الاما خانقة عند البلع . ولأسباب خافية لم يستشر أحدا في هذه الأعراض مدة عامين ، مع أن حالته كانت تسوء بالتدريج . وقد لاحظ أصدقاؤه في كامبريدج أن صحته في تدهور وعندما عاد الى جليينلير في صيف عام ١٨٧٩ ، كان ضعفه قد بدا واضحا فاضطر لاستدعاء الطبيب . كان في حالة من الألم الفظيع « كان يصعب عليه أن يظل راقدا ساكنا لمدة دقيقة واحدة ، ولم يكن ينام وينمى ، وفقد شهيته للأكل مع أنه كان في أشد الحاجة للغذاء » . وكان قد أدرك تماما أن حالته ميئوس منها ، ومع ذلك فقد ظلت صحة زوجته هي شغله الشاغل . ومات في ٥ من نوفمبر . وكتب طبيبه ، دكتور باجيت : « لم أشاهد رجلا قابل الموت بمثل هذا الهدوء والوعى » . وعندما دفن ماكسويل في حوش كنيسة بارثون في جليينلير ، لم يكن العالم قد أدرك بعد كنه آرائه وأفكاره . وما زالت مملكته التي خلقها تفكيره المبدع تنتظر من يكشف عن بعض كوامنها .

القسم الخامس
دراسة الحياة

ويليام هارفى

« تعود بى الذاكرة الى المقابلة الوحيدة التى تمت بينى وبين هارفى الشهير (قبل أن يموت بفترة قصيرة) ، عندما سأله عما جعله يفكر فى وجود دورة دموية فى جسم الانسان - وأجابنى قائلا ، ان ملاحظته وجود الصمامات فى الأوردة التى تشق طريقها فى أجزاء كثيرة من جسم الانسان ، وأن هذه الصمامات موضوعة بطريقة تسمح بمرور الدم الى القلب ولكنها تمنع مرور الدم الوريدي فى الاتجاه الآخر - ان هذه الملاحظة جعلته يتصور أن الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف ، وأن الهدف المرجح هو أن تقوم هذه الصمامات بمنع الدم من الوصول الى الأطراف عن طريق الأوردة ، انما يجب أن يصل الى هناك عن طريق الشرايين ثم يعود الى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة التى لن تمنع سيره فى ذلك الطريق » .

هذه هى كلمات عالم الكيمياء الايرلندى روبرت بويل التى يصف فيها مقابله مع وليام هارفى ، وردت فى كتابه « بحث فى العلل النهائية للأمور الطبيعية » الذى نشر بعد وفاة هارفى بواحد وثلاثين عاما - والواقع أن هذه هى العبارات الوحيدة التى ذكرها هارفى لتفسير وصوله الى

كشفه العظيم الذى يعتبر قمة فى تاريخ علم الحياة والواقع أن هذا الرجل الذى وضع الأسس التى قام عليها علم الطب الحديث مجرد اسم عند أغلب الناس ، فكتابه الكلاسيكى الذى كتب باللاتينية « دراسات تشريحية عن حركة القلب والدم فى الحيوانات » اصاب شهرة كبيرة ولكنه لم يقرأ الا لما - وحقيقة الأمر أن الرجل والكتاب اختلفت أهمية مما يبدو للكثيرين نتيجة ظلال النسيان التى تخيم على كل منهما .

ولد « هارفى الشهير » فى مدينة فولكستون عام ١٥٧٨ ، وصار أبوه بعد ذلك عمدة للمدينة . وكان عمره عشر سنوات عندما قام الأسبان بهجومهم على إنجلترا . وبدأ تدريبه كطبيب فى لندن فى العام الأخير من حكم اليزابيث . واعطى أول محاضرة له فى الدورة الدموية عام ١٦١٦ . رأى نفس العام الذى مات فيه شكسبير . ومثل شكسبير ، لم يترك لنا هارفى ، الى جانب كتاباته ، سوى القليل من أخبار حياته . وأغلب معلوماتنا المتعلقة بشخصه مستمدة من مؤرخ حياته ، جون اوبرى الذى كتب « ملخصاً لحياة هارفى » . ويصف اوبرى ذلك العالم الكبير فيقول انه كان رجلاً قصيراً جداً « وعينه صغيرتان مستديرتان ممعتتان فى السواد يطل منهما بريق الحيوية » . وكان عصبى المزاج وتصرفاته لا تغلظ من بعض الغرابة . وكان فى شبابه يحمل فى وسطه خنجرًا ، كمادة ذلك العصر ، ولم يكن يتورع عن شهره لأقل استفزاز . تزوج فى السادسة والعشرين من عمره ، ولكننا لا نعرف شيئاً عن زوجته أو عن حياة أسرته ، اللهم سوى أنه لم ينجب أطفالاً . وكان هارفى يفضل أن يمكث فى الظلام

ويليام هارفى

حتى يستطيع ان يفكر بشكل أفضل ، وبنى فى منزله كهوفا
للتأمل والتفكير .

والمعروف عن هارفى انه كان ردىء الخط يكتب
بسرعة ، لكن بشكل مقروء . وكانت كتاباته مزيجا من
إبلاطينيه والانجليزية ، وكثيرا ما كان يخطئ فى الهجاء
الى درجة تلفت النظر . ولم يصلنا ، الى جانب كتابه السالف
تذكر ، سوى القليل من كتاباته . ولعل احد الاسباب التى
ادت الى ذلك انه فقد كثيرا من أوراقه خلال الحرب الأهلية
لتنى استمرت عام ١٦٤٢ عندما هاجم المتظاهرون منزله فى
لندن وأتلفوا مخطوطاته ، وكان هو فى ذلك الوقت مع
تشارلز الأول كطبيب المعالج . وقال هارفى بعد ذلك ان هذه
الخسارة كانت أفدح كارثة لحقت به .

كرس هارفى حياته ، المنيئة بالنشاط والحيوية ، فى
البحث عن المعرفة ، وكتب اثنى عشر كتابا على الأقل فى
مختلف الموضوعات غير أنها لم تنل النور ، مثل مخطوطاته
التي ألفتها المتظاهرون . ولعل أهم كتاب من كتبه التي
نشرت ، بعد كتاب « حركة القلب » ، هو « عن التكاثف »
الذى أسهم بدور كبير فى علم الأجنة .



ومهما يكن من أمر ، فإن أعمال هارفى المتعلقة بالدورة
الدموية « هى التى صنعت له تمثالا من النبوغ » ولا تقتصر
أهمية هذه الأعمال على كونها كشفًا تاريخيا فى علم الحياة ،
ولكنها تفوق ذلك ، من حيث كونها تعبيرا لاستخدام الأسلوب
العلمى فى الدراسات المتعلقة بالحياة . كان هارفى معاصرا

لجاليليو وكبلر وبأكون وديكارت ، ووجدت فيه الثورة العلمية التي قامت في عصر النهضة والتي قضت على نظام الفلسفة الكلاسيكية وأقامت بدلا منه الأساليب التي يعتمد عليها العلم الحديث ، وجدت فيه واحدا من دعاةها . والواقع أن هارفي كان أول عالم من علماء الحياة يستخدم الأساليب الكمية لتوضيح كشف هام . كان يلجأ إلى الوزن والقياس والمد حتى يصل إلى الحقيقة . وكان هذا أمرا جديدا تماما بالنسبة للقرن السابع عشر لدرجة أن عمل هارفي ، مع عبقريته الفذة ، لم يخل من بعض الأخطاء . وبالرغم من كل شيء ، فإن استخدام هارفي لذلك الأسلوب الكمي في الدراسة كان بمثابة فتح عهد جديد في علم الحياة .

تخرج هارفي من جامعة كامبريدج عام ١٥٩٧ ثم ذهب إلى دراسة الطب في جامعة بادوا ، أكبر مدرسة علمية في ذلك العصر . وكانت علوم التشريح وفسيولوجيا القلب والشرابين والأوردة والدم تدرس بنفس النظام الذي وضعه الطبيب الاغريقي جالينوس منذ أربعة عشر قرنا . كان جالينوس يقول ان « الكيل » (وهي نوع من المادة اللصافية) تنتقل من الأمعاء إلى الكبد التي تحولها إلى دم ويريدى وتضيف إليها في نفس الوقت « روحا طبيعية » . وتقوم الكبد بعد ذلك بتوزيع هذا الدم عن طريق الجهاز الوريدي بما فيه البطين الأيمن للقلب . وكان جالينوس يعرف ، عن طريق التجربة ، أنه عندما يقطع وريدا أو شريانا كبيرا في الحيوان فإن الدم يتدفق من الوريد أو من الشريان ، وأدرك أنه لا بد من وجود علاقة ما بين الأوردة والشرابين ، واعتقد انه عشر على هذه العلاقة عندما خيل إليه أنه عشر على ثقب صغيرة في

ويليام هارفى.

الجدار الذى يفصل بين الجزء الأيسر من القلب وجزئه الأيمن وقال ، بناء على ذلك ، ان الدم الوريدي ينتقل خلال هذه الثقوب الى الجزء الأيسر من القلب حيث يحصل على « الروح الحيوية » الواردة من الرئتين ، ويكتسب بذلك اللون القرمزى البراق الذى يميز الدم الشريانى .

وكان جالينوس يرى ان اندم يتدفق الى مختلف أجزاء الجسم خلال الأوردة والشرايين ليمد أطراف الجسم بما تحتاج اليه من غذاء وروح . لم يكن يرى وجود قوة دافعة او دورة حقيقية ، وانما كان يمتقد أن الدم الموجود فى الاوعية يرتد ببساطة بين فترة واخرى الى القلب والرئتين للتخلص من الأوشاب التى علقت به .

وما ان حل عصر هارفى حتى كانت تعاليم جالينوس قد عانت تعديلين هامين . أما التمديد الأول فصاحبه اندرياس فيسالياس مؤسس علم التشريح الحديث ، وهو من مواطنى بادوا . أعلن عام ١٥٥٥ أنه لا وجود لثقوب جالينوس ، وتمكن خلف فيسالياس ، وهو رىالدو كولومبو ، من كشف نظام انتقال الدم من الجانب الأيمن للقلب خلال الشرايين الرئوية الى الرئتين ، ثم جودته الى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية ، كما أوضح ، عن طريق التجارب التى أجراها على الحيوانات ، أن الأوردة الرئوية تحتوى على دم شريانى لا على « روح حيوية » . وأما الكشف المهم الثانى فقد حققه فابريكياس أب آكوابدانت فى بادوا ، وهو وجود صمامات ، أو « أبواب صغيرة » كما أطلق عليها ، فى الأوردة . ولم يدرك فابريكياس وظيفة هذه الصمامات

رجل عشوا للمعلم

وسار فى اثر اراء جالينوس : اذ قال ان وظيفتها ان تبطن
سريان الدم الى الأطراف *

وعاد هارفى الى انجلترا عام ١٦٠٢ وهو يتأبط درجة
الدكتوراه التى حصل عليها من بادوا . ونحن لا نعرف هل
بدأ فى تكوين فكرته عن الدورة الدموية عندما غادر بادوا .
وعلى أية حال ، فقد مارس الطب فى لندن وتسلق سريعا
درجات الشهرة . وفى عام ١٦١٥ ، كرمته كلية الأطباء
الملكية ، التى كان عضوا فيها ، بأن منحته حق القيام
محاضرات لوملى خلال حياته . وفى محاضراته الأولى التى
ألقاها عام ١٦١٦ بدأ وصف الدورة الدموية . ولقد وصلت
الىنا مذكراته التى تحوى هذه المحاضرات ، وتقع فى ٩٨
صفحة ، وفيها يصف بعض تجاربه ، ومن ضمنها تلك
التجارب التى أقنعت به بأن « الطبيعة لم تضع هذه الصمامات
الكثيرة دون غرض أو هدف » ، والتى أثارت فى ذهنه فكرة
الدورة الدموية كما ذكر روبرت بويل فيما بعد .

وتوضح هذه المذكرات أن هارفى كان قد اقتنع فعلا أن
هناك دورة دموية تحدث خلال جسم الانسان وان القلب هو
الذى يقوم بدور المضخة . وفى عام ١٦١٦ اختتم سلسلة
محاضراته بالمعبرة التالية :

« ان تركيب القلب يثبت أن الدم ينتقل باستمرار خلال
الرئتين الى الأورطة كما يفعل المنفخ المائى وهو يرفع
المياه . ولقد ثبت كذلك أن الدم ينتقل من الشرايين الى
الأوردة . ويتضح من ذلك أن خفقان القلب هو الذى يؤدي

الى الحركة المستمرة لدورة الدم • هل الهدف من ذلك هو
تنذية الجسم أم حفظ الدم والأطراف بشكل أفضل عن
طريق نقل الدم للحرارة التي يكتسبها من القلب ويفقدها
عندما ينقلها الى الأطراف ليعود فيكتسبها مرة أخرى من
القلب »

وبعد اتنى عشر عاما أجرى فيها هارفى مزيدا من
التجارب المتعلقة بنظريته عن الدورة الدموية ، نشر كتابه
« عن حركة القلب » فى ٧٢ صفحة فقط • ويحوى الكتاب
اهداين (أحدهما للملك تشارلز والثاني للدكتور ارجنت
رئيس الكلية الملكية) ومقدمة وسبعة عشر فصلا قصيرا
عرض فيها الحجج التى تدعم نظريته •

عرض فى الفصل الاول الاسباب التى دعت الى كتابة
هذا الكتاب (ومن ضمنها رغبته فى تجنب نفسه السخرية) .
ثم عرض فى الفصول الأربعة التالية تحليلا رائعا لحركات
القلب والشرابين والأذنين ، وتحليلا لا يقل عنه روعة عن
وظيفة القلب • وذكر أنه كاد ييأس أول الامر من فهم
حركة القلب فى الحيوانات ذات الدم الحار لأن التنبض فيها
سريع جدا • ولكنه وجد ان فى مقدوره ان يحلل حركات
القلب فى الحيوانات ذات الدم البارد وكذلك فى الحيوانات
ذات الدم الحار وهى تمانى سكرات الموت • ومازالت هذه
هى المصادر الأساسية لمعارفنا المتعلقة بحركة القلب ، وذلك
فى مجال الفحص المباشر •

وكان هارفى أول من قدم فكرة واضحة عن نبضة القمة
وعن الصفة المضلعية للقلب ، وكيف أن نبضة القلب تبدأ فى

الاديين لايمن تم تنتقل الى الاذين الايسر والبطينين . وأوضح كذلك ان النبض في الشرايين يرجع الى تدفق الدم فيها وهو مندفع من القلب ، كما يحدث عندما « ينمى المرء في فناء » ، وهو تشبيه استخدمه هارفي لأول مرة في محاضراته عام ١٦١٦ . وتوصل الى استنتاج سليم هو أن « الوظيفة الأساسية للقلب هي انه يضخ الدم وينقله خلال الاوردة الى اطراف الجسم » .

وانتقل هارفي بعد ذلك الى عرض حركة الدم من الجانب الايمن للقلب الى جانبه الايسر خلال الرئتين ، كما جاء في وصف كولومبو ، ثم أوضح كيف ينتقل الدم من القلب الايسر خلال الشرايين الى الأطراف ثم يعود مرة اخرى الى القلب الأيمن عن طريق الاوردة . ويحتوي هذا القسم من الكتاب على جوهر الكشف العظيم الذي وصل اليه هارفي . لقد استخدم ثلاث نظريات لاثبات ضرورة حدوث الدورة الدموية في جسم الانسان : (١) ان كمية الدم التي تنتقل من الاوردة الى الشرايين كبيرة لدرجة توجب أن يمر كل الدم الموجود في الجسم خلال القلب في فترة وجيزة ، وأن هذه الكمية لا يمكن أن تنتج من الغذاء المستهلك كما يفكر جالينوس . (٢) ان كمية الدم التي تذهب الى الأطراف اجبر كثيرا مما يلزم لتغذية الجسم ، (٣) ان الدم يعود باستمرار الى القلب من الأطراف عن طريق الاوردة .

★★★

ولقد قام هارفي ببحوثه الكمية الشهيرة لتحديد حجم الدم الذي يضخه القلب لكي تثبت «النظرية الأولى» . وكان عليه ، حتى يقوم بحساباته ، أن يقيس كمية الدم المندفعة من

القلب فى كل نبضة ، كما كان عليه ان يحدد معدل النبض .
وانواقع ان هذه العملية فى غاية الصعوبة ، وما زالت هناك
حتى اليوم خلافات فى تحديد هذه الكمية عندما تستخدم
الوسائل المختلفة . ولقد حصل هارفى على رقم لا يتعدى
جزءا من ثمانية عشر جزءا من التقدير المعترف به اليوم .
كيف توصل هارفى الى هذا الرقم الخاطيء جدا واستطاع
فى الوقت نفسه ان يصل الى كشفه العظيم ؟

وحقيقة الامر ان هارفى اعتمد فى تدليله على نتيجة
فحصه لاحدى الجثث ، اذ وجد ان البطين الايسر فى السبب
يحوى اكثر من اوقيتين من الدم . (ولا شك ان هذا القلب
الذى فحصه كان متنفخا . وبناء على ذلك افترض ان البطين
يحتفظ ، فى الفترة بين انقباضاته بكمية من الدم تبلغ
حوالى اوقية ونصف اوقية . وعندما افترض كذلك ان كمية
الدم التى تندفع من البطين عند كل انقباضة تبلغ « ربع او
خمس او سدس او حتى ثمن » ما يحتويه ، وصل الى نتيجة
نهائية هى ان الدم المندفع من القلب فى كل نبضة لا يقل
عن ٢ ر ٩ جراما . هذا على حين نحن نعتقد اليوم ان كل الدم
تقريبا الموجود فى القلب يندفع منه عند كل انقباضة ،
وتدل التقديرات الحديثة ان حوالى ٨٩ جراما من الدم تندفع
فى كل انقباضة . ولعلنا نلتبس المذر بهارفى اذا لم يتوصل
الى التقدير السليم فى حالة الانسان ، ولكننا نجد أنه وصل
الى ذات النتائج الخاطئة عندما حاول قياس كمية الدم
المندفة من قلب الشاة فى كل نبضة . ولو أنه قطع الاورطة
فى الشاة ووزن كمية الدم المندفة فى بحر دقيقة كاملة ،
وعد فى نفس الوقت عدد النبضات فى الدقيقة ، لأمكنه ان
يصل الى رقم معقول ، ولكنه لم يقم بهذه التجربة البسيطة .

ولقد اخطأ هارفى كذلك عند قياس معدل النبض -
 كان درهم الذى استخدمه عادة هو ١٢ نبضة فى الدقيقة ،
 وهو حوالى نصف المعدل الحقيقى فى المتوسط . ونحن
 لا نستطيع ان نفسر ذلك الخطأ على اساس صعوبة القياس ،
 وسنظل نجهل لماذا اخطأ هارفى الى هذا الحد . وعندما
 استخدم هارفى الرقمين اللذين وصل اليهما - ١٢٦ جرام
 من الدم تندفع من القلب عند كل نبضة ، وثلاثا وتلاتين
 نبضة فى الدقيقة - حصل على رقم يدل على معدل سريان
 الدم يعتبر جزءا من ستة وثلاثين جزءا من أقل قيمة يمكن
 قبولها اليوم . وفيما يلى كلماته التى خطها وهو يقوم
 بحساباته فى مرة من المرات : « ينبض القلب الف نبضة كل
 نصف ساعة ، وقد يصل العدد فى بعض الأحيان الى ألفين او
 ثلاثة آلاف أو أربعة . فاذا ضربنا عدد الدراهم المندفعة من
 القلب فى كل نبضة فى عدد النبضات ، استنتجنا انه فى
 خلال نصف ساعة تندفع من القلب ٣٠٠٠ درهم أو ٢٠٠٠
 درهم أو ٥٠٠ أوقية منطلقة الى الشرايين ، وهى كمية اكبر
 من كمية الدم الموجود فى كل الجسم » . ان أقل تقدير من
 تقديراته وهو ٢٠٠٠ درهم أو ١٧١ رطلا يفوق فعلا كمية
 الدم الموجودة فى الشخص المتوسط الذى يزن ١٥٠ رطلا ،
 فهذه الكمية هى ١٥ رطلا .

لقد أثبت هارفى فكرته الأساسية بالرغم من حساباته
 الخاطئة . ان القلب يضخ فى نصف ساعة كمية من الدم
 تفوق كثيرا كمية الدم الموجودة فعلا فى الجسم . وكانت
 هذه ضربة قوية لأفكار جالينوس ، اذ من الواضح أن غذاء

الانسان لا يمكنه ان يودى الى انتاج الدم بشكل مستمر
وبهذه الكميات •

وكان عرض هارفى لنظريته الثانية التى تقول ، ان
كمية الدم التى تذهب الى الأطراف اكبر كثيرا مما يلزم
لتغذية الجسم ، كان عرضه اقل روعة وأثرا ، فهو لم
يستخدم هنا وسائل قياس محددة ولكنه لجأ الى الاستنتاج
لدرجه كبيرة • غير انه اشار فى مناقشته الى نقطة مهمة هى
أن الدم لا بد أن ينتقل من الشرايين الى الأوردة فى أطراف
الجسم ، ووصف التجربة التى جعلته يقترح فكرة الدورة
الدموية • لقد أوضح أنه اذا استخدم المرء رباطا يمنع مرور
الدم فى الأوردة ولكنه لا يعوق طريقه فى الشرايين ، فإن
الأوردة لا الشرايين هى التى ستنتفخ • فإذا زاد المرء من
ضغط الرباط بحيث يمنع مرور الدم فى الشرايين ذاتها ،
فإن الأوردة لن تنتفخ فى هذه الحالة • ومن هذه الملاحظات
استنتج هارفى استنتاجا سليما هو أن الدم يدخل الاطراف
عن طريق الشرايين ثم ينتقل بطريقة ما الى الأوردة ، وان
فشل فى العثور على تلك الطريقة •

وقام هارفى بتجربة رائمة لكى يثبت نظريته الثالثة
وهى النظرية القائلة بأن الدم يسرى فى الأوردة نحو القلب
لا بعيدا عن القلب ، كما تنادى تماليم جالينوس • لقد بين
هارفى أنه اذا ضغط المرء بأصبعه فوق وريد من الأوردة •
ثم حرك أصبعه ، وهو ضاغط على الوريد من صمام الى
الصمام الذى يملوه ، فإن الدم الذى طرد مع هذا الجزء من
الوريد لن يعود ثانية لأن الصمامات لا تسمح بمرور الدم

الا فى اتجاه واحد • ان الجهاز الوريدى لا يسمح بمرور الدم • فى كل من الاتجاهين ، ولكن فى اتجاه واحد ، نحو القلب •

ما الخصائص الأساسية فى كشف هارفى ؟ ان العوامل الرئيسية التى تؤدى الى حدوث الدورة الدموية هى القلب الذى يقوم بدور المضخة وانتقال الدم من أحد جوانب القلب الى الجانب الآخر عن طريق الرئتين ، ثم مروره بعد ذلك خلال الشرايين لكل أجزاء الجسم ، وعودته الى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة • وكان هارفى على علم بمرور الدم فى الرئتين عندما بدأ بحوثه • وكانت اضافته العظيمة هى أنه أوضح دورة الدم خلال الشرايين والأوردة وربط بين ذلك وبين مرور الدم فى الرئتين ، فوضع بذلك نظاما متكاملًا لحركة الدم خلال الجسم • غير أنه كانت هناك قطعا حلقة مفقودة : كيف ينتقل الدم من الشرايين الى الأوردة فى الأطراف لكى يعود الى القلب ؟ وبعد مرور ثلاثة وثلاثين عاما على ظهور كتاب « حركة القلب » ، عثر عالم التشريح الايطالى مارشيللو مالبيجى على هذه الحلقة المفقودة عندما كشف وجود الشعيرات الدموية ، وهكذا استكملت الصورة التى وضعها هارفى •

ومع الواضح أن القيمة المباشرة لكشف هارفى بالنسبة للطب والجراحة تفوق كل تقدير ، فهذا الكشف هو أساس كل الجهود التى تبذل لاصلاح الأوعية الدموية المريضة أو التى أصابها التلذ ، وأساس العمليات الجراحية فى حالة

ويليام هارفى

ارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب ، وعملية « الطفل الأزرق (١) » الشهيرة ، وغيرها - غير أن الدين أفدح بالنسبة لعلم الفسيولوجيا ، ذلك أن فكرة الدورة الدموية هى أساس فهمنا الحالى للطريقة التى يضمن بها الجسم تثبيت بيئته الداخلية . ان الدور الأساسى فى الحركة الداخلية لجسم الانسان يلعبه ذلك السائل الذى كشف هارفى دورته بفضل بصيرته النفاذة العظيمة .

تشارلز دارون

فى خريف عام ١٨٣١ تقابل الماضى والمستقبل على مائدة
الغذاء ، فى شخص شابين لم يدركا ما تخبئه لهما الأيام
القادمة • أما أحدهما فهو روبرت فيتزروى ، قبطان بحرى
فى السادسة والعشرين من عمره سبق له أن جاب البحار
ورسم الخرائط لشواطئها ، وينوى الاقلاع فى رحلة جديدة
طويلة • وكان القبطان فيتزروى رجلا متدينا يمتلئ فى
صدره كره شديد لعلم الجيولوجيا الجديد ، رأى أن يصطحب
معه عالما من علماء الحياة يشاركه خبرته فى البرارى ويقف
الى جواره فى وجه هؤلاء الذين يستخدمون الصخور لتشر
هرطقاتهم ، وأما الشاب الآخر الذى كان يجلس فى مواجهة
القبطان فقد غلب عليه التردد • كان تشارلز دارون يصغر
فيتزروى بأربع سنوات ، وكان سيذا يشغل نفسه بالصيد
بعد أن فشل فى دراسة الطب ، غير أن أسرته ظلت تأمل أن
يصبح تشارلز قسيسا فى إحدى القرى • وتضاربت الأفكار
فى ذهن الشاب • هل يدع صيد الثعالب فى شروبشاير
ويذهب لصيد اللاما فى أمريكا الجنوبية ؟ هل يريد حقا أن
يذهب ؟ وبينما الشاب فى تردده ، وبينما المستقبل ينتظر
القرار إذا بالكابتن فيتزروى يحسم الأمر •

وهذا ما كتبه داروين الى اخته سوزان بعد ذلك : « ان فيتزروى يؤكد أن الحديث عن البحر الصاحب مبالغ فيه ، ولو أنني اخترت أن أذهب معهم ففى وسمى أن أعود الى إنجلترا بمجرد أن أرغب فى ذلك . كما أنه فى مقدورى أن أتركهم فى أى بلد جميل آمن حيث سأجد المعونة دائما ، وسأجد لدى كافة المعدات والبنادق ... ان الأمور تسير سيرا حسنا ، فالى اللقاء يا عزيزتى سوزان » .

وفى السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٨٣١ ، أقلعت السفينة « بيجل » ذات عشرة المدافع وعلى ظهرها تشارلز داروين وصحبه . كانت خطتهم أن يمسحوا شواطئ أمريكا الجنوبية وأن يقوموا بقياساتهم الزمنية حول العالم . وكادت الرحلة تنتهى قبل أن تبدأ اذ قابلتهم فى مبدأ الرحلة عاصفة قاسية . كتب داروين فى مذكراته اليومية : « صار البحر عاليا كالجبل وطفقت الأمواج تتقاذف السفينة بشكل مرعب . وكانت ليلة ليلا لم أصادف مثلها من قبل والتعاسة تحيط بنا من كل جانب . الرياح تصفر والبحر يزمجر وصرخات الضباط والبحارة تتعالى ، وتتكون من تلك الأصوات جميعها أنشودة لا يمكن أن ينساها المرء مريما » . وحتت ارادة الله على القطبان فيتزروى وضباطه فلم يقبلت منهم الزمام . وقرر داروين بعناد غريب أنه كان على حق عندما قبل المرض الذى قدمه فيتزروى . وعندما عاد البيجل الى ميناء بليموث لم يستقل داروين ، فقد حزم أمره وقرر « ألا يدع هذه الفرصة الفريدة لرؤية العالم » وانها لفرصة طيبة تموضنى عما فاتنى فى كامبريدج » .

بدأت الرحلة التي فتحت الطريق أمام عقل كبير لم تفسده التعاليم الكلاسيكية القديمة لكي يشبع نهمه بقطع من الصخر وأجزاء من المظام تقبع على الجانب الآخر من العالم، وأتاحت لهذا العقل أن يصيغ من مناقير الطيور وأجنحة الجعارين نظرية جديدة قدر لها أن تهز دعائم الفكر العلمي في جميع بلدان العالم .

★★★

وعندما بدأ دارون رحلته التاريخية خلف ورائه في إنجلترا عالما تغلب عليه النمرة المحافظة ، ذلك أن إنجلترا كانت ترتعد من فعال الثورة الفرنسية كما كان يغلب عليها العذر بالنسبة للأفكار الجديدة البازغة التي كانت ترجمها « للملحدين الفرنسيين » . وكان الجمود الديني يسيطر لحد كبير على العلوم الطبيعية . حقا ان الفكرة التي سادت خلال القرن السابع عشر ، والتي تقول بأن العالم خلق عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ، لم تصمد أمام دراسات الطبيعيين للصخور وتتابع أنواع الحياة فيها ، ولكن الرأى الذى ينادى بأن كوكبنا قديم وأنه يمانى التطور بشكل مستمر لم تكن قد تكونت بعد . لم يكن هناك من يتخيل أن عمر الأرض كبير الى الحد الذى نعرفه اليوم . وكانت فكرة تتابع الأحداث وتحول الحيوان خطوة فخطوة الى حيوان آخر تبدو مناقضة للمعتقدات الدينية بل مناقضة للشئ المعقول . وكان الكثيرون من علماء الحياة فى ذلك الوقت - من أمثال لويس أجاسيز وريتشارد أوين - يميلون الى الاعتقاد بأن أشكال الحياة المتتابة فى السجل الجيولوجى ان هى فى

الواقع الا أشكال خلقت بشكل منفصل وأن بعضها تلاشى
خلال الأحداث التاريخية .

غير أن دارون لم يشيد نظرية التطور من الهوام ،
والسواقر أن هذه النظرية ، شأنها فى ذلك شأن كثير من
التمميمات العلمية العظيمة ، كانت قد وضعت لها بعض
الأسس قبل أن تحمل اسم دارون . وكانت كل عناصر هذه
النظرية تتمثل فى أذهان الكثيرين ، بل كانت موضع جدل
واسع خلال السنين التى قضاها دارون فى الكلية . وكان
جده ارازماس دارون ، الذى مات قبل أن يولد دارون بسبع
سنوات ، قد اقترح نظرية جريئة عن « تحول » الكائنات
الحية . كما لمت فى ذهن جين بابتست لامارك ومضة
رائمة عن التطور المتصل . وكذلك فتح سير تشارلز ليل ،
الذى كان أصدق صديق لدارون طوال حياته ، الطريق أمام
الفكرة التطورية بايضاحه أن الأرض ولا بد أن تكون قديمة
جدا بحيث تسمح بحدوث تغيرات عضوية غاية ما تكون فى
البطء . ورفض ليل الفكرة القائلة باندثار أشكال من
الحيوانات نتيجة كوارث على نطاق العالم بأسره وأوضح
أن قوى الطبيعة - أثر الرياح والصقيع والمياه - تكفى
لتفسير أغلب الظواهر الموجودة فى الصخور ، هذا اذا عملت
هذه القوى لفترات طويلة جدا . وما كان دارون يستطيع أن
يضع نظرية الانتقاء الطبيعى دون استخدام تقديرات ليل
عن الأزمنة الضخمة .

وإذا كانت جميع العناصر الرئيسية للرأى الدارونى
عن الطبيعة كانت معروفة قبل دارون فلماذا يحتل ذلك

المركز المهم في تاريخ علم الحياة ؟ والجواب سهل ميسور وهو أن كل التسميات العلمية العظيمة انما هى فى الواقع عملية تركيب خلاقة . ففى وقت ما تتراكم الكشوف والملاحظات الصغيرة ويصبح من الممكن تجميعها فى رأى شامل عظيم متعلق بالطبيعة . عندئذ لا تحتاج الانسانية الى مزيد من الحقائق بقدر ما تحتاج الى عقل كبير نافذ يستطيع أن يضيف على المعلومات المتجمعة معانى ذكية . مثل هذا التركيب يمثل العقل العلمى ، وهو يحقق أرقى الانتصارات . ولا تقل قيمة المكتشف لأنه لم يضع سوى القطعة الأخيرة فى حل اللغز الذى اشترك فيه كثيرون غيره ، فان نجاحه فى القيام بهذه المهمة انما يعنى قدرته على الالمام بمدى شاسع من الحقائق المتباينة .

وعلىنا أن ندرك أن دارون جاء فى وقت مناسب . والواقع أن النظرية التى أطلق عليها اسم الانتقاء الطبيعي كانت تعوم فى الجو وتطلب من يخرجها الى الحياة ، ولا أدل على ذلك من أن رجلا آخر اسمه ألفريد راسل والاس توصل الى النظرية الدارونية قبل أن ينشرها دارون ودون وجود ثمة علاقة بينهما . ولقد أشار دارون ذاته فى حديثه عن تاريخ حياته الى أن « عددا لا يحصى من الحقائق المشاهدة كان مختزنا فى أذهان علماء الحياة وعلى استعداد لأن يحتل مكانه الحق بمجرد ظهور نظرية تستطيع أن تفسر كافة هذه الحقائق » .

ومن ثم ، فان دارون بدأ زحلتة وذهنه متفتح لرؤية ما يلقاه وكله فضول وادراك ، متأهب لرؤية التفاصيل مهيا

كانت صغيرة • وبينما هو يبحر الى انجنوب متتبعا شواطئ أمريكا الجنوبية اذا هو يلاحظ الاضطبوط وهو يغير لونه في المياه ، ثم اذا هو يلاحظ عظاما ضخمة في السهول الجافة ويفكر جاهدا في ايجاد علاقة بين هذه العظام والحيوانات التي تخيا في الوقت الحاضر • اما مواطنو هذه البقاع فيؤكدون ان هذه العظام الحفرية كبرت بعد موت الكائنات ، وان بعض الأنهار لديها المقدرة على «تحويل العظام الصغيرة الى عظام ضخمة» • والناس يمجبون في كل مكان ولكنهم ينفذون نتيجة رغبتهم في العثور على تفسير ميسور ، اما دارون فكان يعمل وفي ذهنه احلام واحلام • انه يقضى الايام تلو الايام راكبا أو صاعدا أو مخترقا السهول التي تمتج بالهنود مرضا حياته للخطر في كل لحظة • وهو يسأل المواطنين هل ازداد عدد اللصوص فيتلقي الاجابة الرمزية : « ان الموسج لم يكبر بعد » • ذلك أن الموسج عندما ينمو يصل الى ارتفاع الحصان ويمكن أن يعتمى فيه اللصوص • ويدون دارون هذه الحقيقة ، ثم يتطلق • ان الموسج يغطي السهول ، وتتغير طبيعة النباتات النامية تحت تأثير تدخل الانسان • والكلاب تنبح في الآجام ، والقط البرى صار أكبر حجما وأكثر توحشا • في كل مكان يبدو الصراع والتغير والطفرات • ويحلق دارون في وجه أفعى مجلجلة ويلاحظ «شينا غريبا ذا مدلول هام» يبدو لى أن كل خصيصة من الخصائص ، حتى ولو كانت مستقلة عن تركيب الكائن لحد ما • • • تميل الى أن تعاني تغيرات بطيئة » •

وهو يهتم كثيرا بالحيوانات الفريدة التي تعيش تحت ظل ظروف قاسية • وهو يرى ضفدعة صغيرة ذات بطن

قرمزي ، ويسميتها الضفدعة « الشيطانية » لأنه يتصور أن هذه الضفدعة ، التي تحيا فوق الكشبان الرملية تحت الشمس الحارقة ، ولا تستطيع السباحة مثل مثيلاتها ، « هي التي همست في أذن حواء لتخرج آدم من الجنة » . من الضفادع الى الجنادب ، ومن الحصى الى الجبال . . لم تكن عيناه تتركان شيئا . وكان ينظر الى تفتت الصخور وهبوط الصخور والجلاميد من حل والشقوق والفتوات في جبال الانديز والزلازل ويوقن ان الأرض تمتلئ فيها عوامل الحركة والتغير .

ولم يلبث القبطان فيتزروي أن عاد الى السفر ناشرا قلاعه ، قاصدا جزر الجالاپاجوس التي تقع على خط الاستواء وعلى مسيرة ستمائة ميل من الشاطئ الغربي لأمريكا الجنوبية . وكانت هذه الجزر في وقت ما موثلا للقراصنة ، وهي مليئة بالبراكين التي خمدت نيرانها . وينظر دارون الى هذه البراكين فيتذكر مصاهر الحديد الهائلة التي تخطط بها أكوام من المواد . « انها عالم صغير قائم بذاته به كائنات لا توجد في مكان آخر » فهناك السلاحف المدرعة الماردة التي تحيا على الصبار . والطيور في هذه الجنة الصغيرة لا تخاف الانسان : « في يوم من الأيام هبط طائر على حافة أنية أمسكها في يده وبدأ يشرب بكل هدوء ، وظل قائما في مكانه وأنا أرفع الأنية الى أعلى . وهناك عظايا بحرية كبيرة يصل طول الواحدة منها الى ثلاث أقدام ، تستلقي على الشاطئ وتأكل الأعشاب البحرية . وترحف « شياطين الظلام » هذه أمام عيني دارون ، بلونها الأسود فوق الصخور » ، فيعلق قائلا : « ليس ثمة مكان أخضر في

العالم تحيا فيه هذه الثدييات العشبية بهذه الطريقة الغريبة » .

وبالتدريج ، ادرك داروين ان الصدفة اوجدته في اجمل معمل من معامل التطور فوق سطح الأرض . كانت جزر الجالاباجوس غنية بالتغيرات ، فكل جزيرة تختلف عن الجزيرة الاخرى ، في المظايا الكبيرة وفي النباتات وخاصة في الطيور ذات المناقير المتباينة . ولقد لفت سكان هذه الجزر - وخاصة لوسون نائب المحافظ - نظر داروين الى هذه التغيرات الغريبة . ولكن داروين ، كما قال فيما بعد بتواضع دارويني تام : « لم أهتم اهتماما كافيا بهذه المبارات في ذلك الوقت » . هل كانت زيارة داروين لجزر الجالاباجوس هي الحدث الوحيد الذي أدى به الى وضع مفهومه الأساسي عن ميكانيكية التطور ، والتغيرات الوراثية في الكائن التي ترتبط بعوامل الانتقاء الخارجية والتي قد تؤدي الى تباين الحيوانات والنباتات التي تفصل بينها بضعة أميال وتحيا تحت ظل نفس الظروف من الطقس ؟ الواقع أن داروين ذاته لم يوضح هذه النقطة بشكل كاف . ولعل داروين ، شأنه شأن كثير من العظماء ، لم يعد يتذكر بالتفصيل متى تفجر كشفه العظيم ، ومتى بدأ رحلته الذهنية التي تضاهى رحلته في البحار السبعة . ولعله لم تكن هناك بداية محددة لهذا الكشف العظيم ، انما كان هناك ادراك ينمو بالتدريج ويتسع على مر الأيام مع انحسار الضباب وتكسر الستر ووضوح الرؤية .

ان المشرق الى المعظمة مليئة بالمفارقات والتباين . قد تكون المضائل مبيها لها ، وقد تكون نقط الضعف كذلك .
 والواقع ان دارون وصل الى مدانته العظيمه عن طريق الجمع بين الاثنين ، اذ جمع المواد والحقائق وهو يجرى خلف المعرفة وكله شجاعة وعزم ، بل ان الامر استدعى ان يقوم برحلة طويلة حول العالم ؛ ولكنه كتب عمله العظيم والمرضى والوحدة يخيمان عليه . عندما عاد دارون الى انجلترا بعد رحلته على ظهر « البيجل » ، كان رجلا مريضا ، وظل كذلك حتى نهاية حياته . ونحن نعلم اليوم ان مرضه كان نفسيا لحد ما وان التوتر العصبي هو الذى كان يؤدى به الى الصداع والارق . وبعد رجوعه من رحلته بوقت قصير تزوج دارون من ابنة عمه اما ودجود حفيده مؤسس صناعة الخزف الضخمة ، ولم يلبث ان انزل مع أسرته فى قرية صغيرة فى كنت . وكان يتجنب الأسفار كما يتجنب المرم الطاعون ، اللهم الا رحلات قصيرة يقصد بها الاستشفاء حيث توجد المياه الطبيعية . وكانت هذه الميزة مصدر قوته وحمايته . وكانت مخاوفه وشكوكه هى التى دفعت به الى تنظيم هذا العدد الضخم من الحقائق التى عثر عليها والى تدعيم نظريته عن التطور بأسانيد لم تقدم من قبل بمثل هذه الوفرة والقوة .

ولنفحص الآن كيف تمكن دارون من وضع نظريته العظيمه . أما طبيعة ملاحظاته فهى ، كما ذكرنا ، مناقير الطيور وادراك التغيرات التى تمانئها الكائنات ، وما الى ذلك . غير أن ادراك حدوث التطور أسهل بكثير من وضع ميكانيكية لكيفية حدوث ذلك التطور . ولقد ظل دارون لفترة طويلة ،

عاجزا امام هذه المشكلة ، فهو لم يكتف بمجرد الاشارة العابرة الى اثر البيئة أو الى توارث الصفات المكتسبة • وأخيرا ، استنتج انه مادامت التغيرات فى صفات الكائن توجد بين أفراد النوع الواحد ، فلايد ان تكون عملية الانتقاء لبعض هؤلاء الافراد مع اندثار البعض الآخر ، هى المفتاح الرئيسى للتغيرات العضوية •

ولقد راودته هذه الفكرة عندما فكر فى أهمية انتقاء السلالات بهدف تحسين النباتات والحيوانات المستأنسة • ولكنه كان يتساءل عن تلك القوة الانتقائية التى تعمل فى الطبيعة البرية • وفى عام ١٨٣٨ قرأ دارون بالصدفة كوماس مالتس ولمع حل المشكلة فى ذهنه • كان مالتس قد قام بدراسة عام ١٧٩٨ خلص منها الى أن تعداد السكان يتزايد بسرعة أكبر من تزايد الغذاء ، الأمر الذى يؤدى الى حدوث صراع من أجل البقاء •

طبق دارون هذه القاعدة فى عالم الحياة المصرية بشكل عام ، وقال ان الصراع من أجل البقاء ، تحت ظل البيئة المتغيرة ، هو الذى يؤدى الى ظهور التغيرات فى تركيب الكائنات • وبمباراة أخرى ، تمنى الكائنات الحية تغيرات صدفية ، ويعمل الصراع من أجل الحياة دوره فى حفظ التغيرات المفيدة وتاكيدها عن طريق الوراثة • أما الأفراد الضعفاء غير المتلائمين فيقضى عليهم ، وأما الأفراد الذين يتمتعون بصفات وراثية طيبة ، « فينتقون » لينحدر منهم الجيل التالى • ولما كانت الحياة لم تتوقف عن التغير ، وكذلك الطقس أو الجيولوجيا ، فان التطور عملية دائمة الحدوث •

ليس ثمة حيوان أو عضو في حالة توازن تام مع البيئة المحيطة به .

هذه هي الفكرة الرئيسية في اندارونية في كلمة مختصرة . ان الحقائق التي كانت معروفة قبل دارون مثل التغير ، ووراثة التغيرات التي تطرأ على الكائن ، وانتقاء النباتات والحيوانات المستانسة للحصول على سلالات جديدة ، والصراع من أجل الحياة ... كل هذه الحقائق التي كانت متأثرة ، تجمعت فجأة واحتلت كل منها مكانها في اطار الدارونية .

وعلى حين كان دارون يطور نظريته ويرتب الحقائق التي توصل اليها ، أتر أن يحتفظ بسر كشفه العظيم بين جوانحه وعاش في عزلة تامة . لقد ظل ٢٢ عاماً بعد رجوعه من رحلته على ظهر « البيجل » يعمل دون أن يتشر كلمة واحدة ، اللهم الا يوميات رحلته (التي صار عنوانها فيما بعد « رحلة عالم حياة حول العالم ») وبعض الرسومات الفنية لما شاهده .

غير أنه يجب علينا ألا نخطفهم عزلة دارون ومرضه ، فقد كان دمث الخلق ومحبا للناس ، وبالرغم من أن الزيارات كانت تؤدي الى ازدياد حالته سوءا ، الا أنه مع ذلك لم يكن يعزف عنها ، كما هو منتظر في مثل هذه الحالة ، وان كانت تكلفه ليالي طويلة لا يطرق النوم فيها جفنيه . وكان ذهنه المتوثب يعمل طوال هذه الليالي بدرجة كبيرة من التركيز العميق . وكثيرا ما كان يسير وحيدا في الليل البهيم ، ويظل

نظري دارون

هائما يفكر حتى يقابل الثعالب فى الفجر وهى تجرى الى مخايلها •

وفى يوم من الايام مال احد الزوار البستاني الذى يعمل فى حديقته دارون عن صحة سيده ، فاجاب الرجل : « يا لتمامته ، انه يقف محمقا فى زهرة صفراء دهاق متنابهة • ولعل صحته تتحسن لو انه وجد شيئا افضل يقوم به » • والواقع ان طبيعة عمل دارون كانت تتير المعجب بيمين حونه من الناس • كان حقا يقف فترة طويلة يحمق فى هذا الشئ او ذاك كما قال البستاني • انه برع فى ذلك النوع من السحر • وعندما كان يزور جزيرة وايت طفق يراقب بذور الموسج وهى تتهادى مع الريح ثم خرج بنظرياته عن انتشار النباتات • وكثيرا ما كان يقوم بأنواع من النشاط لابد ان زوجته الطيبة جاهدت من اجل اخفائها عن الجيران • ففى يوم من الايام ارسل له أحد أصدقائه تصف أوقية من براز الجراد فى أقريقيا ، وكان قرع دارون عظيمًا عندما تمكن من الحصول على سبعة نباتات من هذه العينة • وعندما تحدث دارون مع ليل بخصوص هذه التجربة قال له : « ليس شمة مجال للخطأ ، فقد استخرجت البذور من وسط كرات البراز وشرحتها » • وان دارون لم يكن يجد حرجا فى البحث عن بذور النباتات فى الجهاز الهضمى للجراد النطاط ، أو فى أى مكان أسوأ من ذلك ، لكى يفهم طريقة انتقال البذور من مكان الى آخر • ويتحدث ابنه الكبير عن تجارب أبيه فى لهجة طريقة فيقول : « أعتقد أنه كان يرى فى كل بذرة شيطاننا صغيرا يحاول أن يضلله بأن يقفز من هنا الى هناك

رجال عاشوا للمعلم

مختفيا في هذه الكومة أو تلك ، الشيء الذي جعل ذلك العمل
أشبه ما يكون بلعبة مثيرة » .

أما الهدف من وراء هذه اللعبة فكان دارون يحتفظ به
لنفسه منتظرا يوما بعد يوم حتى يصل اليه . كان يجمع
أكواما من الحقائق ويعلم بأنه سيقدم نظريته المتكاملة عن
التطور في سفر ضخم ، ضخم لدرجة استحالة قراءته بعد
تمام طبعه . وفي نفس الوقت كتب روبرت تشامبرز ، أحد
باعة الكتب ورجال الصحافة ، كتب ونشر طبعة معدلة من
نظرية لامارك عن التطور تحت عنوان « آثار عن التاريخ
الطبيعي للخلق » . وبالرغم من أن الكتاب كان يعكس طابع
الهاوية إلى حد ما ، فإن النقاد سارعوا إلى الهجوم عليه
بشكل عنيف ، ومن بينهم توماس هكسلي ، وصادف انتشارا
كبيرا بين القراء ، وصدرت له طبعات مختلفة في إنجلترا
 وأمريكا ، الأمر الذي أثبت أن الرأي العام مهتم « بنظرية
التقدم » كما كانت نظرية التطور تسمى آنذاك ، أكثر
مما تصور نقاد دارون .

وظل دارون طوال هذه الفترة صامتا صمت القبور .
وقدم مؤرخوه كثيرا من التفسيرات لذلك الصمت . قال
البعض انه كان مشغولا بتجميع حقائقه ، وقال البعض الآخر
انه لم يرغب في مضايقة فيتزروي ، أو أن الهجوم على
كتاب « الآثار » قد أضره ، أو أنه رأى من الأصوب ألا يكتب
في مثل هذا الموضوع الشائك إلا بعد أن ينتشر صيته كمال
من الصف الأول . ولعل السبب الأنساني كان يكمن في
شخصيته ، إذ كان بطبعه أميل إلى تجنب العاصفة التي لا يد

تشارلز دارون

وأن تهب بمجرد نشر آرائه • كان يطيب له ان يؤجل ذلك الحدث وأن يجتر أراءه مع بعض رفقاته المختارين من امثال ليل وعالم النبات العظيم جوزيف هوكر •

كانت أسرة دارون ميسورة الحال منذ حياة جده ارازماس ، وكان تشارلز فى وضع يسمح له بتكريس كل جهوده فى البحث ولم يكن فى حاجة الى العجلة فى نشر نتائجه بحوثه •

وفى ربيع عام ١٨٥٦ ، حذره ليل من هذا التباطؤ وقال له : « من الأفضل أن تنشر ما وصلت اليه ، والا سيقك اليه غيرك » • ووعده دارون بأن يسرع فى النشر ، غير أنه تباطأ مرة أخرى • ونحن نعلم أنه طلب من زوجته ان تتولى نشر بحوثه فى حالة وفاته ، وكأنه لم يكن يستطيع ان يتحمل الشهرة فى أثناء حياته ، سواء كانت شهرة مليحة أو سيئة • وعلى أية حال ، فقد ظل دارون يؤجل نشر آرائه ، ولعل هذا التأجيل كان سيستمر حتى نهاية حياته لولا أن تحقق تحذير ليل فجأة فحطم العلم الجميل •

كان هناك عالم طبيعى شاب أقل شهرة من دارون يقوم برحلة فى اندونيسيا يجمع فيها ما يصادفه من أشكال الحياة ، ومكنته بصيرته النفاذة من أن يصل الى ذلك السر العظيم الذى احتضنه دارون خلال تلك الفترة الطويلة • • ذلك هو ألفريد راسل والاس • وضع والاس الحقيقة الى جوار الحقيقة ، وتوصل الى مفهوم واضح عن كيفية حدوث التطور • وأبى القدر الساحر الا أن يختار والاس دارون

رجال عللوا للعلم

بالذات ليبعث اليه ، فى يونيو من عام ١٨٥٨ ، ما كتبه غن
نظرية التطور لكى ينقده ، وكأنه أحس أن دارون أقدر من
يستطيع القيام بهذه المهمة •

وفوجئ العالم الكبير مفاجأة ضخمة • ان هذه الجهود
التي كان يفرغ لها أقدس مكان من قلبه ، وذلك العلم الذى
كرس له أكثر من عشرين عاما ، كل ذلك لم يعد سرا من
أسراره • ان هناك طارقا جديدا يريد أن يحتل مكان
الصدارة قبله • وجد دارون نفسه فى موقف حرج ، وكانت
فكرته الأولى ، النابعة من خلقه القويّم أن ينسحب تماما من
الميدان ويترك المجد كله لوالاس • وأصر على قوله : « اننى
أفضل أن أحرق كتابى بأكمله ، ولا أن يفكر انسان أننى قد
تصرفت تصرفا خسيسا » • ومن حسن الحظ أن دارون لجأ
الى صديقيه ليل وهوكر لاستشارتهما قبل أن يقدم على تنفيذ
رأيه • وكان الملمان على دراية بجهود دارون خلال السنين
الطويلة الماضية ، وأقنمناه بأن يقدم ملخصا لأرائه ، مع
رسالة والاس ، الى جمعية لينياس • وهكذا أعلنت نظرية
كل من الرجلين دارون ووالاس فى وقت واحد •

وعندما اجتمعت الجمعية لم يدر كثير من الجدل حول
الرسالتين ، وان سرت موجة هادئة من التحمس • وبالرغم
من الألم الذى اعتصر قلب دارون نتيجة لوفاة ابنه تشارلز ،
واصل جهوده لتفسير آرائه بشكل أعمق فى كتاب متكامل •
ومن الطريف أن دارون أعطى لهذا الكتاب عنوانا هو
« ملخص لبحث عن أصل الأنواع » مصرّا على أنه مجرد مقدمة

لكتاب أكبر كثيرا . كانت أكوام الحقائق التي عثر عليها تعتمل في ذهنه ، وكان الحماس لكل هذه الحقائق يملؤه ويفيض عليه ، وأثر ألا يضع كل آماله في هذا الكتاب الذي أسرع بكتابتته ، وكان يشير دائما الى الكتاب « الحقيقي » الذي سيوضح كل ما نقصه الوضوح .

والواقع أن مخاوف داروين كانت مجرد أوهام ، فما ان صدر كتاب « أصل الأنواع » (وهو العنوان الذي اختاره الناشر الذكي) ، في نهاية عام ١٨٥٩ ، حتى نفذت الطبعة الأولى في يوم واحد . ان هذا الكتاب الذي قدمه داروين على استحياهم سرعان ما اعترف به كأحد الأعمال المظيمة التي أنتجتها البشرية . ولم يمض وقت طويل حتى تنهد داروين بسعادة وبدأ ينسى ذلك السفر الضخم المثلث الذي كان يتصور وجوب كتابته لاقتناع الرأي العام بأرائه . والواقع ان الرأي العام ، بل والعلماء ، وجدوا أن كتاب « أصل الأنواع » على قدر كبير من الدسامة . وهكذا لم يكن ثمة داع لكتابة ذلك السفر الذي يملو على كل الأسفار . وفي نهاية الأمر اتفق العلماء في العالم مع رأي هكسلي الذي قال بمجرد قراءته لكتاب داروين : « كم نحن أغبياء لأننا لم نفكر في ذلك من قبل ! » . وهذا ما يحدث كثيرا في العلم . . يأتي العالم الخلاق فيجمع حقائق ليست جديدة في فكرة خلاقة جديدة ، وتبدو أمام الناس أضواء جديدة تنير لهم المسالم فتتغير نظرتهم اليه .

ولم يحدث من قبل أن صادف مفهوم فلسفي عظيم ذلك الطالع الحسن الذي صادفته الدارونية ، ذلك أنه بالرغم من

ان الناس اعتادوا إبراز الزوبعة التي ثارت بين رجال الدين ورجال العلم بمجرد صدور الكتاب - تلك الزوبعة التي يوجزونها في ذلك الجدل الذي دار في اكسفورد بين القس ويلبرفورس وتوماس هكسلي - نقول انه بالرغم من ذلك كان الواقع أن الدارونية وجدت قبولا حسنا لدى العلماء وأغلب الرأى العام - كان الطريق ممهدا نتيجة جهود ليل المتواصلة وشعبية كتاب تشامبرز « الآثار » - وزيادة على ذلك ، فإن دارون كسب الى جانبه هوكر العظيم وهكسلي وهما أكبر مجادلين علميين - أما ليل ، وهو أكثر حذرا ، فقد عاون في نشر آراء دارون ولم يهاجمه على الإطلاق - وكذلك وقفت أساجرائ ، وهي عالمة أمريكية بارزة في علم النبات ، الى جوار دارون تدافع عنه - ومن الجميل أن نذكر أن والاس ، بقلبه الكبير ، هو الذي عبر عن نظرية دارون بالدارونية وقال ، ان الدور الذي لعبه في صياغة هذه النظرية لا يتعدى « أسبوعا واحدا من عشرين عاما » -

وقفت هذه المجموعة القوية تدافع عن دارون أمام الرأى العام على حين ظل هو بعيدا عن المعركة - ومن ضيعته المنزلة كان يجيب على الخطابات وكان يستمع الى تلك الزوبعة التي تبدو في الأفق - وبالرغم من أنه كان يقدر بمعمق جهود صحبه في الدفاع عنه ، الا أنه أسر يوما الى هوكر أنه « يعجب كيف يستطيع المزم أن يجادل هكذا أمام الرأى العام كما لو كان خطيبا » - وكتب إليه أحد علماء النبات المشهورين ، هيويت واتسون ، بعد فترة وجيزة من ظهور كتاب « أصل الأنواع » رسالة جاء فيها : « لا شك أن فكرتك الرئيسية سيعترف بها كحقيقة من الحقائق العلمية » -

ان فكرة « الانتقاء الطبيعي » تتميز بكل ما تتميز به المقائيق الطبيعية العظيمة ، فهي توضح ما كان غامضاً ، وتبسط ما كان معقداً وتضيف الشيء الكثير الى معلوماتنا السابقة . انك أعظم ثائر في التاريخ الطبيعي خلال هذا العصر ، ان لم يكن خلال كل العصور » .

وكانما كانت كلمات واتسون الهاما عميقا ، فنحن نقبلها اليوم كما هي دون أى تغيير . وما أن انقضت سنوات عشر منذ نشر « أصل الأنواع » ، حتى ذاعت شهرة داروين في جميع بلدان العالم ، وصارت نظرية التطور بمثابة النجم الهادي لكافة الدراسات في علم الحياة .

ونحن اذا أردنا أن نلخص ما حققه كتاب داروين ، فإننا نقول انه أثبت حقيقة التغير التطوري بشكل لا يحتمل الجدل ، هذا الى جانب أنه أوضح أن قاعدة الانتقاء الطبيعي يمكن تطبيقها على نطاق واسع ان لم يكن على نطاق عام . ان فكرة الانتقاء الطبيعي قضت على البلبلة التي زحفت الى علم الحياة نتيجة دخول فكرة الخلق المستقل للأنواع . ان الشاب الذي لاحظ باهتمام عام ١٨٣٢ « أن هناك ثلاثة أنواع من الطيور تستخدم أجنحتها فيما هو أكثر من الطيران؛ فالبطة تستخدم أجنحتها كمجدافين ، والبطريق يستخدمهما كزعانف والتمامة تستخدمهما كشراخ » ؛ ان هذا الشاب قد عثر على الاجابة السليمة للمشكلة في عبارة « التمديلات التي تطرأ في أثناء الانحدار » . ويقول داروين في هذا الصدد : « ان المرء ما ان يمتدح بحدوث تمديدات في الكائنات، حتى يجد نفسه مضطرا الى أن يستمر في سلسلة التطور دون

رجال عابدوا للمعلم

أن يستطيع التوقف » . خطوة اثر خطوة يجد المرء نفسه مضطرا الى أن يتحدر في سلم الحياة حتى يصل الى أكثر أشكال الحياة يدائية . وكذلك خطوة اثر خطوة يرتفع المرء في سلم التطور من سمك الرذغة الى الزواحف الى الثدييات حتى يصل الى الانسان .

★★★

وعندما كتب دارون « اصل الأنواع » كان حذرا فتجنب الإشارة الى الانسان ، وبعد اثني عشر عاما كانت نظرية التطور قد صارت عميقة الجذور فنشر دراسة عن تطور الانسان عنوانها « انحدار الانسان » . وكان هكسلي قد سبقه في هذا الميدان بنشر كتابه « دلائل عن وضع الانسان في الطبيعة » (١٨٦٣) . وبالرغم من أن كتاب هكسلي كان مختصرا الا أنه كان رائعا في وضوحه وتناوله الأمور بشكل مباشر . وعلى العكس من ذلك كان كتاب دارون غير متماسك وزاخر بالتفاصيل ، بل انه كان متناقضا في بعض أماكنه ، كما لو كان المؤلف وضع مذكراته الواحدة الى جانب الأخرى دون أن يقرأ الاصول مجتمعة ويخرج منها كلا متماسكا .

واحدى نقائص ذلك الكتاب أن دارون عجز عن التمييز الواضح بين الوراثة البيولوجية والتأثير الحضارى على سلوك الانسان وتطوره . ومن الواضح أن دارون شازك علمام الحياة في عصره ذلك الخطأ ، فقد كان علم الانسان ما زال وليدا . ولقد أوضح كتاب دارون بطريقة عامة وجود علاقة بين الانسان والرئيسيات ، وان ترك هذه العلاقة يمتورها

الغموض • وعلينا أن نتذكر ، على أية حال ، أنه لم تكن قد كشفت بعد أية حقائق للإنسان الأول • وكان على دارس التطور اذ ذاك أن يقتصر ، الى حد كبير ، على المقارنات الشكلية بين الانسان الحالي من جهة والقردة العليا من الجهة الأخرى • ومن هنا كثرت التكهّنات المتعلقة بحدود الانسان الأولى • ولم يكن من المعجيب ان يتصورهم البعض كحيوانات أشبه ما تكون بغوريلا ذات قواطع هائلة ، ولم يكن من المعجيب كذلك أن يتذبذب داروين بين هذه التصورات وبين آراء أخرى أقرب الى المقول •

وعلى المؤرخ التنزيه أن يسجل أن داروين لم يكن في قمته عندما عالج الانسان ويقول أحد نقاد القرن التاسع عشر في هذا الصدد : « كانت دنيا داروين مليئة بالعشرات والحمام والقردة والنباتات الغريبة ، أما الانسان فلم يكن نه مكان فيها » • واذا سمعنا لأنفسنا أن نتغالي بعض الشيء مع ذلك الناقد ، فأننا نرجح أن داروين كان يجد في كتابة كتاب عن دودة الأرض متعة تفوق متعته حين يتأمل في ذلك الكائن العنيد الذي يستطيع الرد على الحجة بمثلها ، وخاصة اذا كانت الحجة لا تقوم على قدميها • وعلى أية حال ، فما كان لرجل يشكو من الأرق وآلام المعدة أن يتصدى لدراسة نوعه • ومن الأفضل ، على الأقل ، أن ينتظر حتى يتحجر الانسان ويصبح جزءا من الطبقات الجيولوجية •

وكان داروين يعرف ذلك ، وترك لندن لكي يعمل في سلام بعيدا عن الضجة • وعندما كان يعالج النباتات المتسلقة ، أو نباتات الأوركيد المعقدة ، أو ورد الشمس الذي

يفتنص الحيوانات ، لم يكن يلقي هجوما من الميتافيزيقيين ، ولم يكن يجابه عبارات تلقى في وجهه عن الأخلاق أو الدين . ولم يكن دارون بطبيعة الحال يرغب في استبعاد الانسان عن النظام التطوري الذي وضعه ، ولكنه كان يكتفى بوضع الانسان كمجرد جزء من تلك الكلمة الواسعة المتعددة الأشكال وهي « الحياة » . وكان يترك للفلاسفة علاج الجوانب الأخرى للانسان . وشكنا يوما الى أحد أصدقائه قائلا : « كثيرا ما حنقت على الطريقة التي يتحدث بها الناس (ومنهم ليل) عن ذلك الكائن الذي يسمى الانسان ، انهم يتحدثون عنه كما لو كان يحتل في مسرح الحياة مكانة أهم ، من الناحية البيولوجية ، من بقية الحيوانات الثديية » .

وان شهرة دارون باعتباره واضع نظرية التطور، تخفي حقيقة لا شك فيها وهي أنه كان من أعلم المنما انطبعيين في عصره ، بل وفي كل العصور . كان يتمتع بقدرة رائعة على رؤية المشاكل العميقة في أبسط الأشياء ، وأفضل مثل على ذلك تلك الدراسة التي قام بها عن حركة النباتات ونشرها قبل أن يموت بعامين . لقد قام بعدد من التجارب المبدعة ذات الأهمية الكبيرة في علم النبات التجريبي ، وذلك على النباتات اللطيفة التي لم تكن قد درست بشكل كاف . ولعل السبب في نجاح دارون هو المقارنات المستمرة التي كان يجريها بين النبات والحيوان . وهناك قصة طريفة تروى تبين كيف كان دارون أقوى ملاحظة من معاصريه . كان دارون يشرح لهكسلي وزميل آخر كيف يقوم نبات « الدروسيلا » ، أو ورد الشمس ، بالامساك بالحشرات باستخدام شمعائه اللزجة . وكان الزائران يستمعان الى

دارون كما لو كان قد اصابه « مس » • وفجأة صرخ هكسلي وكله عجب : « انظروا •• ان النبات يتحرك فعلا » •

★★★

وعندما يحيط المرء بذلك الطريق الطويل الذى سلكه دارون لكى يصل الى كشفه العظيم ، يعجب للدور الكبير الذى لعبته الجزر المحيطية فى هذا الكشف •• وكثير من الناس يهملون ذلك الدور لحد كبير • ويمتقد البعض أن كلمة « التطور » تعنى شيئا حدث فى الماضى ، شيئا يرتبط بالقردة المتحجرة والديناصورات ، شيئا نعثر عليه فى الصخور والجبال المتعate ، شيئا يكمن فى تاريخ عالم من صنع صائد المعظام ؛ أى عالم الحفائر • ومما يدعو الى العجب ان عالم الحفائر هذا هو الذى وقف متحديا دارون والنظرة التطورية • ولم يكن علم الحفريات متقدما كما هو اليوم ، ولذلك فقد كان السجل الجيولوجى مليئا بالثغرات • وكان نقاد دارون يصرخون فى وجهه قائلين : « اين هى هذه الحلقات ؟ اين حلقاتك المزعومة بين القرد والانسان ، بين الحوت وحيوانك الأرضى المفقود ؟ أرتا هذه الحفريات وبرهن على ما تقول » • وكان دارون يجيب عليهم قائلا : « هذا هو أوضح وأخطر اعتراض يوجه الى نظريتي ، غير أننى اعتقد أن التفسير يكمن فى الثغرات الكبيرة الموجودة فى السجل الجيولوجى » • وكان لابد من العثور على دليل اتصال الحياة فى مكان آخر غير السجل الجيولوجى • ولمبت الجزر المحيطية دورا مهما فى هذا السبيل •

وكان المفروض ، قبل دارون ، أن النباتات والحيوانات الموجودة على هذه الجزر تعتبر دليلا على اتصال قديم بين هذه

الجزر وبين القارة القريبة . غير أن دارون لاحظ عددا من الأمور ، لاحظ أن هذه الجزر تملأ من رتب بأكملها من الحياة الموجودة على القارة ، كما لاحظ أن بعض النباتات المشبية على القارة قد نمت الى أشجار خشبية على هذه الجزر ، ولاحظ أخيرا أن الحيوانات الموجودة على الجزر تختلف عن بشيلائها الموجودة على القارة .

وكان الشيء الذى لفت نظره وحيره أكثر من أى شيء آخر هو ذلك التباين الموجود فى مناقير الشراشير الموجودة فوق هذه الجزر . رأى لهذه الشراشير مناقير بيضاء وأخرى مقوسة وأخرى مستقيمة وغيرها صغيرة ، مناقير تصلح لأغراض متباينة . ولم يكن ذلك التباين فى المناقير يلاحظ فى مكان الا على هذه الجزر ، ولا بد أنها تكونت هناك . وكان تعليق دارون على ذلك : « بوسع المرم أن يتخيل أنه من ضمن الطيور الأولى التى كانت موجودة على الجزر ، أخذ نوع من الأنواع يعانى تعديلات كثيرة كل منها يهدف الى غرض يمينه » . تحولت هذه الطيور ، خلال الممركة القائمة من أجل البقاء فوق الجزر الصغيرة ، الى أشكال متباينة تستطيع أن تحصل على غذائها وتحيا تحت ظل ظروف بيئية محلية خاصة . ولقد قال عالم الطيور دافيد لوك فى هذا الصدد : « ان شراشير دارون تكون عالما صغيرا خاصا بها ، ولكنه يمسك بوضوح خصائص العالم الكبير » .

ولا جدال فى أن ادراك دارون للمدلولات الموجودة فى ذلك العالم الصغير ، حيث القوى التى تعمل لخلق كائنات جديدة تبدو واضحة للعيان ، كان شيئا ضروريا لوصول

دارون الى كشفه المتعلق بأصل الأنواع • ان الأنواع المتداخلة المتشابهة من الحياة فوق سطح القارة تختزل لحد كبير في الجزر فيستطيع المرء أن يلاحظ بشكل أنجح الموائل المؤثرة • ولقد أكد دارون مرارا وتكرارا الدور الذي لعبته هذه الجزر في صياغة تفكيره • وذكر لصديقه ليل في يوم من الأيام أنه ما من شيء يساعد التاريخ الطبيعي قدر « التجميع بعناية ودراسة كل أشكال الحياة التي نجحت فوق أكثر الجزر انعزالا •• ان كل قوقعة هناك ، وكل نبات له أهمية قصوى » •

ان دارون ولد في وقت مناسب تماما للرحلات العلمية العظيمة ، فلو أنه جاء قبل ذلك لاستحال عليه أن يقرأ ما تدل به هذه الجزر من أمرار ، ولو أنه تأخر عن ذلك. لوجد أن هذه الأمرار بدأت في التلاشي والاختفاء • واليوم يتلاشى سكان هذه العوالم الصغيرة ، ودون أن يتمق الانسان في دراستها في كثير من الأحيان • ان الانسان قطع على هذه الكائنات وحدتها وحمل معه القطط والجرذان والماعز والغنازير والحشرات والأعشاب من القارات • وأمام هذه الضيوف الأكثر تحملا والأكثر عنفا والأكثر عدوانا ، تلاشت الحيوانات والنباتات الغريبة والجميلة التي كانت تقطن هذه الجزر المنعزلة دون أن تترك أثرا • فالسلحفاة الهائلة التي كانت في جزر الجالاهاجوس اندثرت تقريبا ، كما اندثرت السحالي التي كان دارون يلعب بها • وكادت بعض الفراشير الصغيرة الغريبة والنباتات النادرة هناك أن

تختفى . وفى جزيرة مدغشقر بدأت اللينورات ، أقرباؤنا البعاد ، التى انبثقت منها أشكال غريبة كثيرة ، بدأت فى الاندثار نتيجة للقضاء على الفئابيات * وحتى فى استراليا لعب الانسان دورا كبيرا فى افناء بعض الحيوانات الأصليلة هناك . إن عوالم روينسن كروزو ، حيث تعيا الكائنات فى تكاسل ودون خوف من الانسان ، اندثرت نهائيا . وحيثما كانت تغرد المصافير والطيور صارت النفاثات تزار وتهدر ، وحيثما كانت تختفى الحيوانات المختلفة كمننت الطائرات وقاذفات القنابل . كم كان دارون يتولاه المعجب نورأى تلك الأماكن بشكلها الحالى !

أما عن أفكار دارون فى الساعات الأخيرة من حياته قبل أن يتوفى عام ١٨٨٢ ، وهو يصارع قلبه الضعيف ، فنحن لا نعرف الكثير . ولا يسع المزم إلا أن يتسامح عن الصور التى كانت تبرز أمام عيني الرجل الذى لم يؤمن بالجنة وهو يودع ذلك العالم ، هل كان يرى مرتفعات جزر الجالاباجوس السوداء التى وصفها فيتزروى بأنها « أنسب مكان لمجمع الشياطين » . وما من شخص سىرى هذه الأماكن كما رآها دارون : أراضى تحرقها الشمس الاستوائية القاسية وفوقها تمج الزواحف السوداء التى خلقت منذ القدم ثم فقدت . وفى يوم من الأيام صرخ دارون وكله انفعال وقال : « يا لهذا الكتاب الذى خطته يد شيطان ، كم هو مليء بالأراضى الجرداء المنخفضة القاسية الكثيبة ! » ولم يتحدث دارون أو يكتب بهذه الطريقة مرة أخرى . كان ذهنه أميل الى أن يتذكر هذه الأماكن وطائر الفردوس يرفف الماء من

انام بين يديه • وعندما حانت نهايته قال هذه الكلمات
بربابة جاش : « انتى لست خائفا من الموت » •

كانت هذه هى الروح التى سيطرت عليه عندما قام
برحلته العظيمة أيام شبابه ، ولعلها كانت تكفيه وهو يقوم
برحلته الأخيرة •

بافلوف

يعتبر إيفان بتروفيتش بافلوف ، الفسيولوجى الروسى العظيم ، أحد الشخصيات النادرة فى العلم التى انتشرت أعمالها فى جميع البلدان فى أثناء حياتها . حقا ان اسم بافلوف يجعلنا نتذكر فوراً كلبه الصغير الذى يفرز العصارة من فمه بمجرد سماعه قرع الجرس ، ولكن ذلك الاسم يجعلنا نتذكر قبل ذلك وبعد ذلك المساهمة العظيمة التى أسهم بها فى العلم ، وهى مرتبطة أوثق الارتباط بما يسمى « الانمكاس الشرطى » .

والواقع أن بحوث بافلوف تركت أثرا لا يمحو على علم الفسيولوجيا وعلم الأعصاب وعلم النفس . وبالرغم من شهرته الواسعة ، لم تكن أعماله معروفة على وجه الدقة خارج بلاده . ومن الواضح أن المرم لا يستطيع أن يعرض فى مثل هذا المقال أعمال بافلوف بشكل شامل ، ولذلك فإننا سنكتفى ببعض الذكريات الخاصة عن بافلوف ، كما سنقيم بعض بحوثه الأكثر أهمية .

كان بافلوف رجلا ذا مواهب متعددة واضحة ، متوقد الذهن قوى الذاكرة مليئا بالنشاط والحيوية ، ولكنه ظل

مع ذلك ، الى نهاية حياته بسيطا كل البساطة متواضعا كل التواضع . كان معمليه في ليننجراد ، حيث عملت تحت اثرافه ، خلية من نحل . وبالرغم من أنه كان في الثمانين من عمره الا أن حماسه لم يفتر للبحوث العلمية ، وكان ينشر ذلك الحماس من حوله . كان الروح المحركة لأغلب البحوث التي تتم في المعمل ، ولم يكن يتورع عن الرقص طربا وهو يرى تجربة تكليل بالإنجاح . وكان معمليه منظما كل التنظيم ، ففي كل أربعاء يجتمع معاونوه ، وهم عشرات من العلماء ، لمناقشة مشاكلهم وتبادل الآراء بخصوصها . وكان بافلوف ، ذو الموهبة العجيبة على التحدث ، يدهش زملاءه . كان يحارب بكل قوة من أجل الآراء التي يؤمن بها ، وكان يسوق الدليل تلو الدليل ليبرهن على رأيه ، ولكنه في نفس الوقت كان يسارع بالاعتراف بخطئه اذا ما تبين له ذلك .

وهناك قصة كثيرا ما تروى لأنها تعبر بشكل طريف عن موقف بافلوف العام بالنسبة لما يقوم به من أعمال : كان يقوم بدراساته الاولى المتعلقة بالجهاز الهضمي ، ووجد أن حمض الايدروكلوريك يؤثر في الاثنى عشر ويجمع البكتيرياس يفرز عصاراته . واعتقد بافلوف أن الحمض يؤثر بطريقة أو بأخرى على الجهاز العصبي فتحدث النتيجة المشاهدة وهي ذلك الافراز . وبعد فترة من الزمن بين العالمان الانجليزيان السير وليام بيليس وارنست ستارلينج أن افراز البكتيرياس يحدث نتيجة أثر هرموني : فعندما يلامس حمض الايدروكلوريك الغشاء المخاطي للاثنى عشر ، فإنه يدفعه الى أن يفرز هرمونا يسمى « سينيگرتين » وأن

هذا الهرمون هو الذى يدفع البكريات الى الافراز . وقال بافلوف أول الأمر ان هذا أمر مستحيل ولا يعقل ، غير أنه أعاد تجارب المالمين الانجليزيين ورأى أن استنتاجهما سليم ، وعندئذ قال محنقا ، والمجبب والتأنيب الذاتى يسيطران عليه ، ودون ما حسد أو غل : « وبعد ، لسنأخذن الوحيدين الذين نكشف الأشياء الجديدة ! » .



ولد بافلوف عام ١٨٤٩ فى مدينة ريزان بأواسط روسيا . وكان أبوه قسا أرثوذكسيا من قساوسة القرى ، وكان من الطبيعى إذن أن يتلقى بافلوف تعليمه فى معهد دينى . ولكنه سرعان ما تبين أن ميوله تتجه الى ناحية أخرى : فالتحق بكلية العلوم الطبيعية فى جامعة سانت بيترسبورج . وواصل دراسة الطب فى الأكاديمية العسكرية الطبية وتخرج فيها عام ١٨٧٩ . وقام بافلوف بأول بحث له ، وهو بعد طالب ، فى فسيولوجيا الدورة الدموية . وعين من ضمن موظفى عيادة الأمراض المتوطنة . ولقد أوكل رئيس العيادة الى بافلوف أن يشرف على تنظيم معمل الفسيولوجيا ، حتى يتم الربط بين النظرية والتطبيق فى العيادة . ولقد أجرى بافلوف أغلب بحوثه الأولى فى ذلك المعمل الصغير فى عيادة سانت بيترسبورج ، اللهم الا خلال عامين بين ١٨٨٤ - ١٨٨٦ اشترك فيهما مع العالم الفسيولوجى الألمانى كارل لودفيج فى مدينة ليبزيج .

كانت الامكانيات الممنوعة له من نوع بدائى جدا ، فالمعمل لم يكن أكثر من مبنى خشبى لا يختلف كثيرا عن

الكوخ ، وكان عليه أن يوفر المال اللازم لبحوثه من مرتبه الضئيل ، ولم يكن معه معاونون منتظمون . وبالرغم من ذلك ، استطاع ، بفضل طاقته الجبارة ومثابرته وتفانيه في عمله ، أن يشق طريقه ويصل الى كشف هامة اكسبته شهرة لا تتناسب مطلقا مع ذلك العمل المتواضع الذي ينمل فيه . وفي عام ١٨٩٠ عين أستاذا لعلم العقاقير في الأكاديمية العسكرية الطبية ، وفي عام ١٨٩١ عين رئيسا للمعهد الفسيولوجي بمعهد الطب التجريبي الذي أنشئ اذ ذاك في سانت بيترسبورج .

وما ان حلت نهاية القرن التاسع عشر حتى كان بافلوف شخصية معترفا بها كواحد من أبرز علماء الفسيولوجيا في العالم . وفي عام ١٩٠٤ حصل على جائزة نوبل تقديرا لجهوده في فسيولوجيا الهضم . وفي عام ١٩٠٧ انتخب عضوا في أكاديمية العلوم الروسية ، وأصبح بعد ذلك مدير المعهد الفسيولوجي التابع للأكاديمية ، وظل في هذا المركز حتى نهاية حياته . وفي العقد الرابع من القرن العالي شيدت له محطة فسيولوجية في كولتوزي ، التي تسمى الآن بافلوفو ، بالقرب من ليننجراد . وفي فبراير من ١٩٣٦ أصابه التهاب رئوي ، ومات وعمره ٨٧ عاما .

إذا تجاوزنا عن دراسات بافلوف الأولى الخاصة بتنظيم ضغط الدم ، وهي بحوث طريفة وان لم تكن ممتازة بشكل خاص ، ففي مقدورنا أن نقسم نشاط بافلوف العلمي الى مرحلتين : المرحلة الأولى من العقد الثامن الماضي الى عام ١٩٠٣ ، وكرس بافلوف فيها نفسه للدراسة المفصلة لوظائف

القناة الهضمية . ومنذ عام ١٩٠٢ حتى وفاته كان يسبر
أغوار فرع جديد من فروع المعرفة خلقه هو ، ذلك هو
فسيولوجيا النشاط العصبي الراقى .

ومن المعلوم أن بحوث بافلوف حول افرازات القناة
الهضمية صارت الأساس الذى تقوم عليه معارفنا الحالية
فى هذا الميدان . وكانت تسيطر على بافلوف ، خلال تلك
الدراسات ، وكذلك خلال بحوثه اللاحقة فى الجهاز
العصبي ، عدة مبادئ وأفكار قد لا يعود اليه الفضل الكامل
فى وضعها ، ولكن له الفضل فى تطويرها بشكل واضح .

أما أول هذه المبادئ فهو أن الكائن يقوم بوظائفه
كوحدة متكاملة ، وأن فحص الأعضاء المتفصلة فى ظروف
صناعية تجرى خلالها التجارب لا يمكن أن يؤدى الى فكرة
سليمة عن كيفية سلوك الأعضاء ، وهى تمثل بشكل
طبيعى فى جسم الكائن . ولذلك فإن بافلوف كان يحاول
دائما أن يقوم بتجاربه الفسيولوجية تحت ظل ظروف أقرب
ما تكون الى الظروف الطبيعية . وعند قيامه بتجاربه المتعلقة
بالقناة الهضمية لجأ الى عدد من العمليات المبقرية التى
تهدف الى أن يظل عضو الحيوان يقوم بوظيفته بشكل طبيعى
أثناء اجراء التجربة عليه . لقد عثر ، مثلا ، على وسيلة
تجعل قنوات الغدة اللعابية والبنكرياس تصب فى الخارج
دون أن تنزع هذه الأعضاء من الجسم ، كما تمكن من أن
يعزل جزءا من هذا العضو أو ذاك دون أن ينزعه من
ارتباطاته مع الجهاز العصبى . واحدى تجاربه الشهيرة
تسمى « كيس بافلوف » ، وفيها عزل جزءا من معدة كلب
وكون من ذلك الجزء كيسا فتحته فى جدار البطن وتصب الى

يلطوف

الخارج • والشبكة العصبية في ذلك الكيس سليمة تماما بحيث ان العمليات الافرازية التي تتم في المعدة التي تتلقى الغذاء ، تتم بالضبط في ذلك الكيس ، بالرغم من عدم وصول غذاء له ، ومن ثم يمكن الحصول على الافرازات ودراستها بمنتهى الدقة •

ومن الواضح أن نجاح مثل هذه العملية وبقاء الكلب في صحة جيدة كان يتطلب درجة عالية من النظافة والتطهير، كما كان يتطلب العناية التامة بالحيوان بعد العملية • وبالرغم من أن هذه الفكرة تعتبر اليوم شيئا عاديا ، فقد كانت حقا فكرة مبدعة في زمن بافلوف •

أما المبدأ الثاني الذي كان يهدى بافلوف في كل بحثه فيسمى مبدأ « العصبية » ، وهو يفترض أن الجهاز العصبي يتحكم في كل وظائف الجسم • وعلينا أن نتذكر أن الدراسات المتعلقة بالغدد الصماء كانت في مهبها اذ ذاك • كان بافلوف يمتد أن الجهاز العصبي هو الذي يتحكم في نشاط الكائن وينظمه ويجعل منه كلاً متكاملًا ، ولهذا فإنه كان دائم الاهتمام بتوضيح دور الأعصاب • وفي إحدى تجاربه الجميلة قام بأجراء عدة عمليات على الجهاز الهضمي للكلب بهدف دراسة النظام الذي تفرز به المعدة عصاراتها • فصل بلعوم الكلب عن المعدة وأوصله للخارج بحيث لا يصل الغذاء الذي يتناوله الكلب بفمه الى المعدة ولكنه يسقط مرة أخرى الى الخارج عن طريق فتحة البلعوم • وفي نفس الوقت وضع أنبوبا يصل المعدة الى الخارج لدراسة سلوك المعدة والافرازات التي تتكون بها • ووجد أنه بالرغم من أن الغذاء

لا يصل الى المعدة فعلا ، فان المعدة تفرز عصاراتها متأثرة بمضغ الكلب للطعام والعمليات الأخرى التي تصاحب تناول الغذاء . وأثبت بافلوف ان الأعصاب الحائرة هي التي تؤدي الى حدوث ذلك الأثر ، ذلك أنه في حالة قطع هذه الأعصاب يتوقف افراز المعدة فورا بالرغم من استمرار الكلب في تناول الغذاء . وان انكباب بافلوف على وضع نظرية الدور المركزي للجهاز العصبي قد يفسر لنا عجبه وعدم تصديقه لكشف بيليس وستارلنج أن الهرمونات تلعب كذلك دورا في عملية الهضم .

أما المبدأ الثالث الذي كان يضئ الطريق لبافلوف فهو إيمانه أن التجارب الفسيولوجية ذات مدلول كبير بالنسبة للطب التطبيقي . هذه الفكرة انتى يقبلها الجميع اليوم بكل بساطة ، لم يكن متفقا عليها اذ ذاك ، على الأقل في روسيا .

★★★

وكان من الطبيعي أن ينتقل بافلوف ، بعد نشاطه المتعلق بالجهاز الهضمي ، الى دراسة الجهاز العصبي وتمحيص الأفعال المنعكسة الشرطية ، أى الى المرحلة الثانية من جهوده العلمية . وتفسير ذلك أن بافلوف تأثر كثيرا بكشفه الخاص بافرازات الغدد اللعابية والعصارات المعدية في الكلب ، وكيف أن هذه الافرازات لا تتم فقط عندما يلامس الغذاء الفشاء المخاطى للغم والمعدة ، ولكنها تتم كذلك بمجرد رؤية الكلب للطعام أو بمجرد حدوث أية اشارة مرتبطة بتقديم الغذاء . يتضح من ذلك أن الافرازات الهضمية ، التي اعتبرها بافلوف ظاهرة فسيولوجية بحتة ، قد تقوم على أساس نفسي وترتبط بالتجربات التي اكتسبها الكلب .

كانت هذه افكرة شيئا مذهلا بالنسبة لعالم الفسيولوجيا في ذلك الوقت ، ذلك أن علم الفسيولوجيا وعلم النفس كانا يعتبران ميدانين منفصلين تماما . كان علم الفسيولوجيا يقتصر اهتمامه على معالجة الاستجابات الفطرية التي تحدث في جسم الكائن وخاصة تلك التي تتحكم فيها الأجزاء الدنيا من الجهاز العصبي ؛ أما الاستجابات المكتسبة أو التي تعلمها الكائن فتقع في ميدان علم النفس . وواجهت بافلوف مشكلة محيرة : هل يجب عليه أن يدع الوسائل الفسيولوجية ويتحول الى الوسائل النفسية لكي يدرس السلوك الهضمي للكلب ؟ لم يكن يستطيع أن يفعل ذلك ، لأنه لم يجد ثمة وسيلة للتأكد من نظريات علم النفس عن طريق التجربة .

وبعد تردد طويل قاس عشر بافلوف على حل جريء رائع للمشكلة . انه سيمالج المشاكل النفسية باستخدام الوسائل الفسيولوجية البحتة . ان افراز اللعاب أو العضارات المعدية ، على أية حال ، ظاهرة واحدة سواء كان أصلها فسيولوجيا أو نفسيا . ودار في ذهن بافلوف أن تطبيق وسائل التجربة الفسيولوجية لدراسة السلوك المكتسب ، قد يفتح ميدانا جديدا هائلا من ميادين البحث العلمي .

وقرر بافلوف أن يركز تجاربه على الغدد اللعابية لأسباب كثيرة مدروسة . كان يعلم من بحوثه السابقة أن الغدد اللعابية شديدة الحساسية وأن نشاطها يتأثر بـ عوامل محدودة ومعينة لدرجة أكبر من الأجهزة المحركة ، وهي أكثر الأعضاء استجابة للسلوك المكتسب . والأهم من كل ذلك أن بافلوف أدرك أن البحوث المتعلقة بالغدد اللعابية لن تتمرض

كثيرا لخطر التفسيرات النفسية للنتائج ، الشيء الذى كان ينبغي تجنبه بكل الوسائل •

وعلى ذلك بدا بافلوف ومعاونوه دراساتهم المتعلقة بالانعكاسات المكتسبة أو كما كان يسميها الانعكاسات الشرطية « الطبيعية » التى تحدث فى الحيوان بشكل تلقائى عندما يستجيب لمراى الطعام أو لرائحته مثلا • وبعد ذلك ، وبعد أن تكاملت أساليب بافلوف ، بدأت مجموعته فى خلق الانعكاسات الشرطية كاستجابة لاشارات خاصة مثل دق الجرس أو ضوء المصباح •

وسرعان ما توصل بافلوف الى نتيجة هامة هى أن العمليات الشرطية تتم بطريقتين : فهى اما أن تنتج استجابة واما أن تكف الاستجابة • فإذا لم « يقوى » المؤثر الشرطى ، أى اذا لم يصاحبه تقديم الطعام ، فإن الانعكاس الشرطى سيتلاشى • ولقد أوضح بافلوف أن هذا التلاشى يحدث بنظام خاص أطلق عليه الكف الداخلى •

وفى المرحلة الأولى من البحوث ركزت مجموعة بافلوف اهتمامها على خواص الانعكاسات الشرطية المثارة والمكنوفة والعلاقة بينهما • ثم توسعت البحوث بمس ذلك فأحاطت بميدانين جديدين على درجة كبيرة من الأهمية • لقد وضع ، أولا ، عن طريق تكرار نفس التجارب على عدد كبير من الكلاب أن هذه الحيوانات تتباين لدرجة كبيرة من حيث سرعة تكوين الانعكاسات الشرطية ، ومن حيث درجة ثبوت هذه

بافلوف

الانعكاسات ، ومن حيث تأثير الانعكاسات الكفية على الانعكاسات المتكونة ، وهكذا • واستخدم هذا التباين كأساس لوضع تقسيم لنماذج الجهاز العصبي ، وهذا الموضوع كان محل بحوث كثيرة في السنين الأخيرة • وبذلت جهود في المحطة البيولوجية في بافلوف لتوضيح أن نوع الجهاز العصبي في الكائن يمكن أن يورث لذريته • وكان الكشف الثاني الذي توصل اليه بافلوف ومجموعته في المقد الثاني من بحوثهم المتعلقة بالانعكاسات الشرطية ، أنه من الممكن الوصول الى حالة عصبية في الكلب ناجمة من التضارب بين عمليتي الاثارة والكف •

وأدى الكشف الثاني الى اجراء بحوث واسعة فيما يسمى بالحالة العصبية التجريبية ، أعراضها وتشخيصها وعلاجها • وفي هذه التجارب أثبتت الانعكاسات الشرطية المتعلقة بالغدد اللعابية أنها على درجة كبيرة من الحساسية ، وأنها دليل دقيق على حالة الجهاز العصبي المادية وحالته المرضية • وقرب نهاية حياة بافلوف التحقت بمعامله عيادة تشخيص وتعالج الأمراض النفسية والأمراض النفسية العصبية عن طريق محاولة تحليل مختلف الحالات العصبية في الانسان على أساس القوانين التي استخلصت من التجارب على الحيوانات • ان بافلوف لم ينس ، في خضم بحوثه الطويلة المعقدة ، أنه الطويل الأمد • في استخدام بحوثه على الحيوانات لمصلحة الانسان •

بهذا نكون قد لخصنا الخطوط العامة للانتصارات العلمية الأساسية التي حققها بافلوف ومدرسته : ولا حاجة

بنا الى تأكيد أهمية البحوث التى أجريت على فسيولوجية العمليات الهضمية • غير أننا نلاقى صعوبة أكبر عند تقريرنا لقيمة بحوثه المتعلقة بالانعكاسات الشرطية •

من المعترف به ، بشكل عام ، أن الانعكاسات الشرطية لعبت دورا هائلا فى تطوير علم الفسيولوجيا الحديث ، واليوم تقوم مدارس أكملها على أساس ما حققه بافلوف فى هذا الميدان • غير أنه نظرا لأن التطبيق الفسيولوجى للانعكاسات الشرطية قد تطور بشكل خاص فى الولايات المتحدة ، فأننى كأوروبى بعيد عن مركز هذه الاتجاهات الجديدة ، أجد نفسى فى موضع لا يسمح لى بمناقشتها • أما فيما يتعلق بالتطبيق العملى لأراء بافلوف فى مجالات الأمراض النفسية العصبية والصحة النفسية والتعليم ، فإن علينا أن ننتظر بعض الوقت حتى تتبين قيمة ذلك • وبناءً على ذلك فأنى سأقتصر على معالجة مدلول الانعكاسات الشرطية بالنسبة للحالات العصبية الفسيولوجية ذاتها •

كثيرا ما كان بافلوف يطلق على تعاليفه الخاصة بالانعكاسات الشرطية عبارة « الفسيولوجيا الحقيقية للمخ » • وكان يرى أن دراسة الانعكاسات الشرطية ليست غاية فى ذاتها ولكنها وسيلة لفهم النظام المركزى الذى يتحكم فيها ، وهو القشرة المخية • وكان بافلوف يعترف بأن هناك وسائل أخرى لدراسة نشاط القشرة المخية ، مثل وسيلة الاستثارة الكهربائية للقشرة المخية فى الحيوان غير المخدر ، وأن هذه الوسائل قد تكون ذات قيمة كبيرة ؛ غير أنه كان يرى أن الصورة الحقيقية لنشاط القشرة لا يمكن أن تتضح

بافلوف

الا عن طريق دراسة العضو وهو فى حالته الطبيعية ، كما
فى تجارب الانعكاسات الشرطية . وقوى هذا الاعتقاد لدى
بافلوف عندما وصل الى نتائجه الباهرة المتعلقة بالقبالة
الهضمية .

ومن الحقائق الطريفة أن موقف بافلوف ووسائله
اتفقت لحد كبير مع آراء ووسائل معاصره الانجليزى الكبير ،
السير تشارلز شيرنجتون . والواقع أن كلا منهما قام بدراساته
الفسيولوجية على أساس استخدام مؤثرات محددة من الناحيتين
الكيفية والكمية ، وعلى أساس الجمع بين هذه المؤثرات ،
وكذلك قام كل منهما بدراسة النظام المركزى للانعكاسات
عن طريق فحص رد الفعل الذى يحدث فى الحيوان . غير أن
شيرنجتون كان يقوم بدراساته على الحيوانات التى انتزعت
منها مراكز المنخ العليا ، أى على الحيوان الذى لم يبق سوى
عموده الفقرى، هذا على حين كان بافلوف يقوم بدراساته على
حيوانات لم تمس قشرتها المخية . كان شيرنجتون يدرس
النشاط الفطرى للجهاز العصبى ، على حين كان بافلوف
يدرس النشاط المكتسب لذلك الجهاز .

وخلال العقود الأخيرة الماضية تدعمت الأفكار الرئيسية
التي قدمها هذان العالمان المبقران عن طريق التجارب التي
أجريت بفضل التطور الكبير الذى طرأ على وسائل البحث
الفسيولوجية الكهربائية . وعندما كان بافلوف وشيرنجتون
يقومان بهما كانت فكرة « المركز العصبى » ، سواء فى

العمود الفقري أو في القشرة المخية ، لا تزيد على عبارة مفيدة خلقها للربط بين الاثارة والاستجابة . أما اليوم فان عبارة « المركز العصبى » صارت شيئا ملموسا ومحسوسا لدرجة تتزايد وضوحا باستمرار ولعلنا لسنا بمعدين عن الوقت الذى سيتحقق فيه حلم بافلوف الجميل عن « رؤية » ما يحدث فى المخ خلال جمجمة الانسان السميقة .



القسم السادس
ثلاثة من الرياضيين

تشارلز بابيج

فى أثناء مهرجان بريطانيا الذى أقيم عام ١٩٥١ ، كان يحتل مكان الصدارة فى أحد أقسام معرض العلوم فى متحف العلوم بسوث كنسجتون ، آلة حاسبة براءة ذات شكل انسيابى تسمى نيمرود . ولو ابتعد الزائر عن المعروضات الرئيسية ، لوجد فى يهو بعيد أحد أسلاف هذه الآلة وقد تراكم عليها الغبار ، وهى عبارة عن مجموعة معقدة من الحلقات والمجلات والقضبان وقد كتب عليها « آلة بابيج للفروق » . وقد صمم هذه الآلة ، عام ١٨٣٣ ، رجل قضى حياته وأضاع ثروته فى محاولة بناء آلات رياضية لم يكن عصره مهيبا لتقبلها ولكن أمكن الآن تحقيقها .

واسم تشارلز بابيج غير معروف الا لدى بعض الرياضيين اليوم . . ولم يدرك قيمة عمله من معاصريه الا القليلون، أما جيرانه فى لندن فلم يعرفوا عنه الا أنه عدو لدود لعازفى الأرغن فى الشوارع ؛ وعندما مات نتمتع جريدة التايمس اللندنية قائلة انه الرجل الذى عاش ثمانين عاما « رغم مضايقات عازفى الأرغن » . ولكن علماء الرياضيات يعتبرونه اليوم رجلا متقدما عن عصره سابقا لأوانه .

وعندما كتبت مجلة « نيتشر » البريطانية عن الآلات الحاسبة الأمريكية الحديثة كان عنوان المقال « أحلام بايبيج تتحقق » .

كان بايبيج متنوع الميول ، الف كتابا عن « اقتصاديات المصنوعات والمكينات » ، وضع فيه الأساس لما يعرف اليوم بالبحوث المتعلقة بالمعمليات . وقاد حملة كبيرة دعا فيها الحكومة لمساعدة وتمويل البحوث العلمية في وقت كان البحث العلمي يعتبر فيه هواية للمتفرفين من الرجال ؛ ونشر جدولا للوغاريتمات من ١ الى ١٠٨٠٠٠ وهو يستعمل على نطاق واسع ، كما وضع جداول لمعدلات الوفيات وقام بمحاولات تعتبر الأولى من نوعها للدعاية للتأمين على الحياة وشرحه للشعب ، وصمم قطعاً للفيار ، واقترح عددا من الاختراعات ، منها وسائل لمنع حوادث السكك الحديدية ونظاما لاشارات المنارات ، ونشر بحثا في الفيزياء وعلم طبقات الأرض والفلك وعلم الآثار ، ولكن هوايته الكبرى التي شغلت حياته كانت المكينات الرياضية أو الآلات الحاسبة .

★★★

ولد بايبيج في ديفونشاير عام ١٧٩٢ ، وكان أبوه مصرفيا ، ورث عنه فيما بعد ثروة طائلة ، ونظرا لضعف صحته فقد تلقى علومه على أيدي مدرسين خصوصيين الى أن التحق بكلية ترينيتي بجامعة كامبريدج عام ١٨١٠ . وكان في ذلك الوقت قد هام بالرياضيات ووجد أنه يعرف عنها أكثر من معلمه . وكان أقرب أصدقائه في أثناء دراسته

نشارلز باييج

بالجامعة بما جون هيرشيل ، ابن عالم الفلك الشهير ويليام هيرشيل ، وجورج بيكوك - وقد تعاهد الطلبة الثلاثة فيما بينهم على أن « يتركوا العالم أكثر حكمة مما وجدوه » . فكان أول ما قاموا به لتنفيذ هذا العهد ان اسسوا الجمعية التحليلية لتشجيع الرياضيين الانجليز على احلال نظام ليبنيتز المستعمل فى القارة الأوروبية محل مصطلحات نيوتن الرياضية . كان نيوتن يضع نقطة فوق الرمز للتمبير عن معدل التغير ؛ على حين كان ليبنيتز يضع « د » قبل ذلك الرمز . ولقد قال باييج انه أسس هذه الجمعية للدعوة « لمبادئ الدائية ضد عهد » النقطة فى الجامعة » . وبالرغم من المعارضة الكبير التى لقيتها الجمعية الا انها تركت أثرا كبيرا فى تطور الرياضيات فى المستقبل فى انجلترا .

ولما أيقن باييج أنه سيهزم فى مسابقة « التريپوس » من زميله هيرشيل وبيكوك اذا بقى بكلية ترينيتى ، التحق بكلية بيتر هاوس اذ انه رأى من الأفضل له أن يكون الأول فى بيتر هاوس على أن يكون انثالث فى ترينيتى . وبالفعل كان ترتيبه الأول عند التخرج فى بيتر هاوس . واستمر فى الدراسة الى أن حصل على الماجستير عام ١٨١٧ . واستمرت الصداقة بين باييج وهرشيل وبيكوك حتى بعد تخرجهم فى الجامعة . ومع أنهم اختلفوا فى السبل التى طرعوها فى حياتهم الا أن ثلاثتهم استمروا حافظين العهد الذى قطعوه على أنفسهم . التحق بيكوك بسلك الكنيسة وسرعان ما أصبح أسقف ايلي . وقرر هيرشيل ، بعد فترة تمرين قصيرة فى المحاماة ، أن يلحق بوالده فى علم الفلك ، وامتاز فى هذا العلم ، وحصل على لقب فارس ، وعين مديرا لدار سك

النقود ، وتجنب كل الخلافات العلمية حتى ان مؤرخيه قالوا عنه ، ان حياته كانت مليئة بالصفا والبراعة .

أما بابيج ، على العكس من ذلك ، فقد أمضى حياة مليئة بالانشغال المرير بين آلاته الحاسبة . وقد أشار في إحدى المرات في أواخر أيام حياته لبعض أصدقائه أنه لم يمض يوما واحدا سعيدا طيلة حياته ، وتحدث « كما لو كان يكره الجنس البشرى عموما ، والانجليز خصوصا ، والحكومة الانجليزية وعازفى الأرغن أكثر من أى شئ آخر » . والواقع أن حياته لم تكن على هذه الدرجة من السوء ، فقد كان معظم حياته رجلا اجتماعيا ألوا يميل الى المرح . ويحكى أنه كان فى زيارة لفرنسا مع صديقه هيرشيل ، وطلب بابيج بيضتين لكل منهما للافطار قائلا للساقى : Pour chacun deux :
Il faut faire bouillir : فصاح الساقى للطباخ قائلا :

(١) cinquante - deux oeufs pour Messieurs les Anglais ولكنهما تمكننا من ايقاف الطباخ فى الوقت المناسب ، ولكن القصة سبقتهما الى باريس وصاحبها كثير من التعديل والتحوير . وعندما سألهما مضيف فى أثناء العشاء ، عما اذا كانت القصة التى سمعها عن شابىن انجليزيين أكلا ٥٢ بيضة فى الافطار محتملة ، أجابه بابيج قائلا : « لا توجد حماقة لا يمكن أن يرتكبها شاب انجليزى بين الحين والآخر » . وكتب أحد أساتذة جامعة أدنبرة بأنه كان مدعوا للعشاء لدى بابيج وأنه « لم يستطع أن يهرب منه فى الثانية صباحا الا بمنتهى الصعوبة بعد سهرة غاية فى الامتاع » . وكان

(١) يجب سلق البنتين وخمسين بيضة لكل من السيدين الانجليزيين .

تشارلز بابيج

يصطحب في رحلاته الى القارة الأوروبية أناسا من مختلف
المشارب ، منهم الأرستقراطي أو عالم الرياضيات
أو الميكانيكي الماهر .

وبالرغم من ذلك ، فان شفف بابيج واهتمامه بالآلات
قد غيرا من طباعه وحولاه من شاب مرح الى عجوز صارم .
وقد تملكه شففه هذا أول ما تملكه ، وحسب أصدق
الروايات ، بعد محادثة عابرة مع صديقه هيرشيل . فقد
أحضر هيرشيل الى بابيج بعض الحسابات الخاصة بالجمعية
الفلكية ، وفي أثناء مراجعة هذه الحسابات والأرقام وجدنا
عددا من الأخطاء . وفي إحدى المرات قال بابيج : « اننى
أرجو الله أن تتم هذه الحسابات بواسطة البخار » ، فعلق
هيرشيل قائلا : « ان هذا ممكن » ، عندما فكر بابيج فى الأمر
ازداد اقتناعه بأنه من الممكن أن تقوم الآلات بحساب وطباعة
الجداول الرياضية . ووضع تصميميا أوليا لفكرته الأولى
وصنع نموذجا صغيرا يتكون من ٩٦ عجلة و ٢٤ محورا ،
اختصرها فيما بعد الى ١٨ عجلة و ٣ محاور . وفي عام
١٨٢٢ كتب رسالة ضمنها فكرته وأرسلها الى سير همفري
دافى ، رئيس الجمعية الملكية ، شرح فيها فوائد ومزايا
« آلة الفروق » واقترح أن يصنع واحدة لكى تستخدمها
الحكومة . ورحبت الجمعية الملكية باقتراحه ، وأعطى وزير
المالية وعدا شفويا بوضع مبلغ من المال تحت تصرف الجمعية
لهذا الغرض .

ولقد توقع بابيج أن يستغرق هذا المشروع ثلاث
سنوات ، الا أن الأفكار الجديدة كانت تطرق ذهنه دون

توقف ، فيلقى بما أتم من آله جانباً ، وبعد مضي أربع سنوات لم يكن قد اقترب من هدفه . وقد أقامت الحكومة له بجوار منزله مبنى وورشة لا تؤثر فيهما النار . وبعد زيارة دوق ولينجتون للتفتيش على هذه الورشة أعطته الحكومة منحة أخرى سخية لتمكنه من الاستمرار في عمله . ولكن بابيج ، بعد فترة ، اختلف مع مهندسه القدير جوزيف كليمنت حول المرتبات ، وكانت النتيجة أن حل كليمنت الورشة وصرف رجاله ورحل ومعه جميع قطع الآلات والرسومات التي كان من حقه القانوني الاستيلاء عليها .

★★★

وفي هذه المرحلة الحرجة خطرت لبابيج فكرة جديدة ، فكرة آلة تحليلية ، أسهل في البناء ، وأسرع في العمل ، وتفوق آلة الفروق في القدرات والامكانيات . وتقدم بهذا المشروع بكل حماس الى الحكومة ، وسأل هل يستمر في آلة الفروق أم يعمل على تنفيذ فكرته الجديدة . واستمر ثمانية أعوام يطالب برد على سؤاله هذا . وأخيراً جاء الرد بأن الحكومة تأسف لأنها قررت عدم المضي في المشروع . وكانت الحكومة قد أنفقت فعلاً ١٧٠٠٠ جنيه على هذا المشروع ؛ وكان بابيج قد أنفق أيضاً على المشروع ما يوازي هذا المبلغ . وقد أودعت آلة الفروق هذه التي لم تتم ، والتي فقد بابيج اهتمامه بها ، في متحف كلية الملك بلندن ؛ ثم نقلت رفاتها فيما بعد الى متحف سوث كنسجتون حيث ترقد الى الآن .

استمر بابيج يعمل عدة سنوات في آله التحليلية على نفقته الخاصة ، ثم أهملها وبدأ يصمم آلة تحليلية أخرى ،

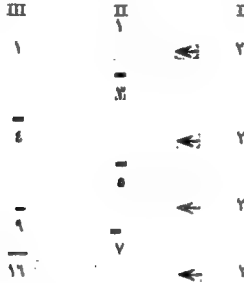
تقارن بابيج

تحتوى كل التعديلات والتحسينات والتبسيطات التى عثر عليها أثناء العمل فى الآلة الأولى - وعاد يطالب الحكومة أن تمد اليه يد المساعدة ، ولكن وزير المالية لم يوافق . وهنا قال عنه بابيج انه « هيروستراتاس العلم الذى سيرتبط اسمه باسم مخرب المعبد الافيزى ، هذا ان لم يطوه النسيان بين ثناياه » .

ولكن بابيج لم ينته من بناء آية آلة . لقد كان أوسع أفقا من الوسائل التى كانت تحت تصرفه فى ذلك الوقت . كان بابيج يطمح فى شئ أكبر من مجرد آلة حاسبة بسيطة ؛ كان يهدف الى صنع آلة تحسب الجداول الرياضية الطويلة وتعلمها كذلك . وعلق على ذلك قائلا : « ان الآلات التى تقوم بالحسابات العادية .. لن تكون فى مثل فائدة الآلة التى تحسب الجداول » .

كانت آلة بابيج للفروق تطبيقا لنظرية الفروق الثابتة . ولتوضيح هذه النظرية نأخذ مسألة كان من المفروض أن تتمكن الآلة من حلها : وهى حساب مربعات الأعداد المتوالية أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، الخ . ويمكن الحصول على مربعات الأعداد الصحيحة ، بقدر ما لنا من الضبر على متابعة هذه العملية ، بواسطة عملية اضافة بسيطة ، اذا أخذنا الرقم ٢ على أنه الفرق الثابت . فإذا أخذنا ثلاثة أعمدة ووضعنا فى العمود الأول دائما الفرق ٢ (الذى يمثل الأس الثانى) ، ويبدأ العمود الثانى بالرقم ١ ثم نضيف اليه الفرق ٢ فى كل خطوة تالية . وفى العمود الثالث نحصل على حاصل الجمع الذى يبدأ بالرقم ١ ثم يعطينا الجواب الذى نريده . فمثلا ١ زائد ٢ زائد مربع ١ يعطينا

٤ وهى مربع ٢ ، ٣ زائد ٢ زائد ٤ تساوى ٩ وهى مربع ٣ ، ٥ زائد ٢ زائد ٩ يساوى ١٦ وهى مربع ٤ . الخ .



ان هذه العمليات البسيطة يمكن أن تؤديها الآلة بنفس الطريقة التى يحدد بها عداد المسافات فى السيارة ما قطعته السيارة من الكيلو مترات ، وذلك بحدوث عملية الجمع عند دوران عجلات عليها أرقام . وكان أول نموذج مبدئى صنمه بابيج لآلة الفروق عبارة عن عجلات ذات أسنان على أعمدة تدور بواسطة كرانك ، وكان فى إمكان هذه الآلة أن تعطى جدولا لمربعات الأعداد لخامس رقم . ولكن الآلة الأخرى التى اقترح بناؤها كانت على مقياس أكبر بكثير . لقد كان فى نية بابيج أن تعطى آله الأعداد الى الرقم العشرين وأن تكون فروقها من الدرجة السادسة ، بدلا من الدرجة الثانية . وبالإضافة الى ذلك ، فإن كل عدد يظهر فى عمود الاجابات كان سينقل خلال مجموعة من الأذرع والكامات الى مجموعة

من الخمرامات مصنوعة من الصلب ، وهذه بدورها تطبع العدد على لوح نحاسي معد للحفر .

وكان هذا من الناحية الميكانيكية عملا هائلا . ولنا أن نتصور العدد المختلف من المسامير والصواميل والمفاتيح والكامات والروابط والأعمدة والمجلات التي يحتاجها هذا العمل ، ثم نتذكر أن أجزاء الآلات العيارية والتي تعمل بشكل أوتوماتيكي لم تكن معروفة في ذلك الوقت ! لقد تناول بابيج هذه المسألة وعالجها بنفاة المهارة ، اذ وضع هو ومساعدوه تصميم كل جزء بعناية تامة ، وكانوا يصنعون قطعا أخرى احتياطية للتقليل من استهلاك الآلة . وأصبح بابيج نفسه صانعا ماهرا ، يطور العدد التي أصبحت في عهده من أحسن العدد ، كما كان يطور الأساليب التي أصبح بعضها نواة للأساليب الحديثة في تصميم العدد والآلات . ولكن لعل هذا الاهتمام وهذه العناية في التصميم كانا نقطة الضعف الكبرى في عمل بابيج . فلو أن الآلة قد تم صنعها، لكان بها حوالى الطنين من الأجزاء المصنوعة من البرونز والصلب والزنك والتي صنعت طبقا لمواصفات محددة لم يسبق أن صنع مثلها من قبل .



ان ما رآه بابيج بعين خياله عندما انتقل بفكره من آلة الفروق الى الآلة التحليلية كان شيئا رائعا حقا . وكان فيما قبل قد تصور آلة وصفها وصفا معبرا حين قال انها « الآلة التي تأكل ذيلها » . وكان يقصد بذلك أنه يمكن للناتج التي تظهر في خانة الاجابات أن تؤثر فيما سبقها من أعمدة

بحيث تنفذ التعليمات المعطاة للآلة في الأصل . وكان من المفروض أن الآلة التحليلية يمكنها أيضا أن تقوم بأية عملية رياضية وأن التعليمات التي تمنح للآلة يمكنها أيضا أن توجه الآلة في جميع العمليات والخطوات وفي ترتيب هذه الخطوات . وكان في إمكانها أن تجمع وتطرح وتضرب وتقسّم ؛ وكان لها ذاكرة تستوعب ألفا وخمسين رقما عشريا ، وتقوم بعمليات أخرى مثل جداول اللوغاريتمات ، بحيث يكون لديها مكتبتها الخاصة . وكان بإمكانها أن تقارن الأعداد ، وتعمل حسب تقديرها ، وبذلك تتدرج إلى عمليات أخرى لم يسبق أن أعطيت في التعليمات الأولى .

وتتضمن الآلة الحاسبة الحديثة كل أو الكثير من هذه الأشياء . ولكن باييج كان محددا بالامكانات الميكانيكية التي كانت موجودة في ذلك الوقت ؛ ولم يكن في استطاعته طبعاً أن يدخل في تصميماته أية دوائر كهربية ، بل أية أنابيب كترونية . كان يعتزم أن يصنعها كلها بالبطاقات المثقوبة ، وهي ليست طبعاً بطاقات هولریت السريعة الخلط والتي تتحرك على محولات استشعارية كهربية مثل التي نستعملها هذه الأيام (★) ولكنها بطاقات مثل التي تستعمل أنوال الجاكوار . وتثقب التعليمات والثوابت العددية على البطاقات بحيث تبدو أعمدة شفرية من الثقوب . وعندما توضع البطاقات في الآلة تتحسسها أسلاك الاستشعار . فإذا كانت الثقوب في المكان الملائم ، دخلت الأسلاك في الثقوب وربطت حركة الأعمدة مع الأجزاء المختلفة للآلة ، وهكذا تؤدي الآلة عملها وكل العمليات المطلوبة منها . ولم تضعف

(★) في الحسينات

كل هذه التعقيدات من ثقة بابيج ، فقد كانت لديه لوحة لجوزيف جاكار منسوجة من الحرير وقد استخدم فى نسجها ٢٠٠٠ بطاقة مثقوبة !

هذا أبسط وصف للألة • وان تشارلز بابيج ليمتلم زهوا عندما يعلم أن أفكاره عن الآلة التحليلية قد طبقت اليوم فى الآلات الحاسبة الالكترونية الضخمة •

ولقد ابتدع بابيج الى جانب مفهومه عن الآلة الحاسبة ، كثيرا من الاختراعات الميكانيكية ذات الاستخدامات التطبيقية المفيدة • وكما يهتم العاملون فى تصميم الآلات الحاسبة هذه الأيام بالأنابيب المفرغة والدوائر الالكترونية ، كذلك كان اهتمام بابيج بمشاكل الورشة وحجرة الرسم والتصميم ، فقد اخترع هو ومعاونوه بعض العدد التى تستخدم مع المخرطة • وكان ضمن العمال المهرة الذين عملوا معه شخص يدعى ج • هوايتويرث ، ومن بعد سير جوزيف هوايتويرث ، الذى أصبح أكبر صانع للعدد الدقيقة فى إنجلترا • ولقد وصف الخبراء من معاصرى بابيج رسوماته للآلات المختلفة ، وهى رسومات تغطى ٤٠٠ قدم مربعة من الورق ، بأنها من أحسن الرسومات الميكانيكية •

ولقد صدرت عدة طبعات من كتاب بابيج «حول اقتصاديات المصنوعات والآلات » ، وأعيد طبعه فى الولايات المتحدة وترجم الى الألمانية وفرنسية وإيطالية وإسبانية • وتناول فيه بالتفصيل صناعة الدبابيس والعمليات المختلفة ، وما تحتاج اليه من مهارة ، وتكاليف كل عملية ، واقترح عدة تحسينات فيما كان يجرى من عمليات • واقترح عدة وسائل

عامة لتحليل المصانع والعمليات ولايجاد الموقع والحجم
الملائم للمصانع . وكان بايبيج يعتز جدا بأحد التعليقات
التي سمعها من أحد العمال الانجليز حين قال : «لقد جعلني
هذا الكتاب أفكر» .

وعندما تخطى بايبيج السبعين من عمره سجل تاريخ
حياته في كتاب أسماء « مراحل من حياة فيلسوف » ، وهو
كتاب متشائم ولكنه لا يخلو من مرح ، وجاء في صفحته
الأولى ، وبمد اسم مؤلفه ، عدد من الجمعيات العلمية
(وأغلبها أجنبية) . وتاريخ حياته هذا سجل لغيبة آماله
بقدر ما هو سجل لما حققه من أعمال ، وكتب ، حسب قوله ،
« لكي يقلل من عدم استساغة تاريخ آلاته الحاسبة » .

ولكنه لم يكن في حاجة للاعتذار . ان فكرة الآلة
الحاسبة كانت دليل النبوغ . وان تاريخه كله لدليل حي
على الرباط المتين بين الاختراعات العلمية البحتة من جهة
وبين التقدم التكنولوجي السائد ، والمفهوم العام ، والتعميد
الواجب من جهة أخرى . ان آلاته لم تتحرك لتعطي الأجوبة
المطلوبة لأن النبوغ يمكن أن يتفوق ولكنه لا يمكن أن يتخطى
أو يتجاهل حدود إمكاناته . لا يكمن نبوغ بايبيج في
الكتب التي علاها التراب أو في التفوق في أحد فروع العلم
أو في تلك المعجلات القديمة القائمة في أحد متاحف العلوم .
ان نبوغ بايبيج يتمكس فيما نشاهده اليوم من آلات حاسبة
هائلة .

لويس كارول

لويس كارول - ألم يكن كذلك علما رياضيا من الدرجة الأولى ؟ هذا هو التعليق التقليدي عندما يذكر اسم مؤلف « أليس في بلاد المجائب » . ذلك أن أغلب الناس كانوا يعرفون أن اسم كارول الحقيقي هو تشارلز لوتويدج دودجسون وأن هوايته طوال حياته هي العلوم الرياضية . وكانت تتداول بين المجبيين بأديه قصة زائفة تقول بأن الملكة فيكتوريا عندما قرأت « أليس » أعجبت بها وطلبت كتابا آخر لنفس المؤلف فأرسل لها كتاب دودجسون الجاف عن المحددات الجبرية .

ويعتبر لويس كارول من نوابغ الأدب ، الأمر الذي يثير في المرء الفضول الى معرفة مدى قدراته الرياضية . هناك اتجاه عام الى اعتبار الرياضيات موضوعا غريبا صعبا جافا عميقا بحيث انه ما من رياضي الا وهو « رياضي عظيم » ، لأنه لا يوجد عمالقة صغار . وهذا القول ، مع ما فيه من تقدير للرياضيين ، ليس بالضرورة صحيحا مع الأسف . أما كارول فقد كتب في كثير من الموضوعات

الرياضية ، وفي مقدور المرء أن يرجع الى هذه الكتابات لكي يعرف أى نوع من الرياضيين كان كارول .

ان قصة حياته العلمية يمكن سردها بسرعة . ولد تشارلز لوتويدج دودجسون عام ١٨٣٢ بالقرب من ديززبيرى فى تشيشاير . وكان أبوه ، كما كان جده ، وجد جده ، من رجال الكنيسة . والتحق بجامعة أكسفورد عام ١٨٥٠ بعد أن قضى ست سنوات لا تظللها السعادة فى المدارس الانجليزية العامة . وفى نهاية عام ١٨٥٢ ، حصل على درجة فى الرياضيات مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على منحة دراسية على شرط ألا يتزوج وأن يهب نفسه للكنيسة . ولقد حصل على درجة الليسانس مع مرتبة الشرف الأولى فى مدرسة الرياضيات النهائية عام ١٨٥٦ ، وعلى درجة الماجستير عام ١٨٥٧ . وفى عام ١٨٥٥ : وفى سن ٢٣ ، منح منحة دراسية كانت تدر عليه مبلغ ٢٠ جنيه سنويا وعين جالبا متقدما فى كلية كريست تشرش ومحاضرا فى الرياضيات بالجامعة . عاش كارول عزيا فى مساكن الجامعة بتوم كواد فى عام ١٨٦٨ ، الى أن مات وهو فى السادسة والستين من عمره عام ١٨٩٨ . ولم يدب النشاط فى حياته الأكاديمية الا عندما عين مساعدا لأمين المكتبة عام ١٨٥٥ ، ثم عندما أصبح شماسا عام ١٨٦١ ، وفى النهاية عندما عين مشرفا على النادي وكان فى الخمسين من عمره اذ ذاك .



هذه الحياة الهادئة المنعزلة . هى التى ساعدته على الكتابة باعتباره تشارلز لوتويدج دودجسون وباعتباره

لويس كارول • وبالرغم من أن كارول أنتج كثيرا من الكتب ، إلا أن الناس لا يذكرون له سوى القليل • ويبلغ عدد ما طبع من مؤلفاته في أثناء حياته ٢٥٦ مؤلفا ، وأما مجموع ما ألفه فيصل الى حوالي ٩٠٠ مؤلف • ومن هذه المؤلفات ١٦ كتابا - منها حوالي ستة للأطفال وحوالي عشرة في الرياضيات وعلم المنطق • ولا بد ان نقول « حوالى » لأنه من الصعب أن نحدد ما اذا كان قد كتب المجموعة الأولى للأطفال أم للكبار ، وهل قصد بالثانية الى الرياضيات أم الى التسلية • وبالإضافة الى ذلك كتب كارول حوالى ٢٠٠ كتيب ، حوالى خمسين منها تتناول خلاقات أكاديمية في كريست تشرش ، وحوالى ثلاثين لألعاب الكلمات والكتابة السرية وما شابه ذلك ، وأكثر من خمسين لموضوعات غاية في الاختلاف والتنوع مثل : كيف تتذكر المواعيد ، وتهذيب كتابات شكسبير للبنات الصغيرات ، والحكم في مباريات التنس ، والأخطاء الجارية في الهجاية ، وقواعد تقدير أجرة البريد • وغيرها •

ومن ضمن الـ ٢٥٦ مؤلفا التي طبعت في أثناء حياته ، كانت ٥٨ منها للرياضيات وعلم المنطق • فإذا بحثنا في هذه المؤلفات لتقدير مكانة كارول الرياضية - أو لعله يجدر بنا أن نقول هنا مكانة دودجسون - أكتشفنا أنه كان مدرسا في المقام الأول ، يهتم اهتماما كبيرا بطرق تدريس المسواد الأولية ، فقد كتب حوالى العشرين كتابا للطلبة في الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات والهندسة التحليلية •

ولعل أهم كتب دودجسون وأكبرها في الهندسة ، واسمها « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » ، يعطينا فكرة عن

طريقته فى تناول الرياضيات • انه يبين لنا أن دودجسون محافظ عنيده وهب نفسه للدفاع عن أوقليد ضد أى اتجاه حديث لتعديل أو تحسينه أو تغييره بأى شكل من الأشكال • فقد حاول دودجسون فى هذا الكتاب اثبات أن بديهيات أوقليد وتمبيراته وبراهينه وأسلوبه لا يمكن تغييرها لما هو أفضل منها • بل لقد أصر على أن ترتيب وترقيم نظريات أوقليد لابد أن تبقى محفوظة كما هى • وسخر دودجسون بمهارة من علماء الهندسة المعاصرين الذين حاولوا تعديل بديهية أوقليد للمتوازيات ، واتهم كل محاولاتهم بأنها « شنيعة » (ولعله من المفيد ، مع ذلك أن نلاحظ أن دودجسون فى كتاب له صدر فيما بعد واسمه « نظرية جديدة فى المتوازيات » قد حاول هو نفسه أن يحل محل البدئية التقليدية بدئية أخرى من وضعه) •

ولابد من تقدير كتاب « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » على أنه مسل وطريف ، الا أنه يتسم بصلاية الرأى الزائدة ، وهو من الناحية العلمية عديم الجدوى • انه لا يعكس ادراك المعاصرين من الرياضيين بشكل متزايد أن بديهية التوازي لم تكن حقيقة واضحة ، ولكنها فرض لا يمكن اثباته وضع بشكل جبرى • ولم تكن فلسفة دودجسون تتقبل الهندسة اللا أوقليدية بما يترتب عليها من ثورة فى الرياضيات والعلوم •



ولعل الصورة الكثيفة لنيافة القس دودجسون والتي خلقتها آماله التربوية تتحول الى صورة باسمة اذا تحولنا

الى كتاباته الرياضية الأخرى ، اذ هو يقترب فى هذه الحالات من الرجل الذى نعرفه باسم لويس كارول . ولناخذ مثلاً على ذلك كتابه الصغير المجيب المسمى «مشاكل الوسادة» ، ففى هذا الكتاب يقدم دودجسون ٧٢ مسألة أغلبها فى الجبر والهندسة وحساب المثلثات وضعها وحلها جميعاً فى سريره أثناء الليل دون ورقة أو قلم . كان دودجسون يمانى من الأرق ، وبقدر ما كان حريصاً على الإشارة الى أن الرياضيات لا تؤدى الى النوم ، فقد كان يقول انها تشغل الذهن بأشياء مبهجة وتمنع القلق والاضطراب والهموم . ومما يدل على شدة تدينه أنه نادى بالتفكير الرياضى، فى أثناء الاستيقاظ، كعلاج « للأفكار المتشائمة التى تبدو فى بعض الأحيان أنها تنتزع أقوى الايمان . . والأفكار الكافرة التى تشق طريقها الى أشد الأرواح إيماناً . . والأفكار الملحدة التى تمزب بوجودها المقيت الخيال العذب الطاهر » .

وبالرغم من أن المسائل الواردة فى هذا الكتاب، مسائل أولية ، الا أنها من التعقيد بحيث تحتاج الى مهارة حقة فى التركيز والتصور وخاصة اذا كان على المرء أن يحلها بفكره . واليك هذا المثال :

« فى أول يوليو ، وعندما كانت ساعتى تشير الى الساعة الثامنة صباحاً ، كان منبهى يشير الى الساعة الثامنة وأربع دقائق . وضبطت الساعة على توقيت جرينيتش ، وعندما كانت ساعتى تشير الى الظهيرة ، كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ وخمسة دقائق . وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة الى السادسة كان المنبه يشير الى الساعة ٥ والدقيقة

رجال غافوا للعلم

٥٩٠ . وفى يوم ٣٠ يوليو ، عندما كانت ساعتى تشير الى التاسعة صباحا كان المنبه يشير الى الساعة ٨ والدقيقة ٥٧ . وعند جرينيتش عندما أشارت الساعة الى الساعة ١٢ والدقيقة ١٠ كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ والدقيقة ٥ وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة الى ٧ ، كان المنبه يشير الى الساعة ٦ والدقيقة ٥٨ . وكنت أملاً الساعة فى كل مرة أقوم فيها برحلتى ، ولكنها تظل تسير بانتظام لمدة يوم واحد . أما المنبه فإنه يعمل دائماً وبانتظام ، فكيف يمكننى أن أعرف متى تحين الظهيرة حقاً يوم ٣١ يوليو ؟

وحلول دودجسون للمسائل الواردة فى هذه المجموعة حلول ماهرة ودقيقة . الا أن أحدها يكشف بشكل مضحك حدود تفكيره الرياضى . والمسألة هى : «لدينا حقيبة تحتوى جلى كرتين ، لا نعرف عنهما الا أن كل منهما اما أن تكون سوداء (س) واما بيضاء (ب) وعليك أن تتعرف على لونيها دون اخراجهما من الحقيبة» . لقد ارتكبت فى حله لهذه المسألة (وهى مسألة لا يمكن حلها بالشكل الذى جاء ذكره) خطأين فاحشين . فهو (ولا افترض ، خطأ ، أن احتمالات وجنود س س ، س ب ، ب ب (وهى الانكانات الثلاثة داخل الحقيبة) هى $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ على التوالى . ثم هو يضيف كرة سوداء الى الحقيبة ، ويحسب احتمال سحب كرة سوداء بعد ذلك على أنه $\frac{2}{3}$ ، ثم يرتكب خطأه انشعب الثانى بأن يقرر أن الحقيبة فى هذه الحالة لا بد وأن يكون بها س س ب . وهذا الأسلوب فى التفكير يؤدى به الى القول بأن فى الحقيبة أصلاً كرة سوداء وأخرى بيضاء ! وهذه مسألة قد تكون لطيفة فى بلاد المعجائب ولكنها رياضيات يقلب عليها طابع

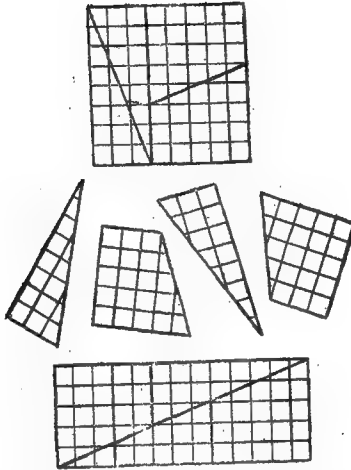
لويس كارول

الهواة • وقد أشار البعض الى انه لو استخدم أسلوب دودجسون هذا فى حالة حقيقية تحتوى ثلاث كرات غير معروفة اللون (سوداء أو بيضاء) لانتبهنا الى أنه من المستحيل أن تكون فى الحقيقة ثلاث كرات •

★★★

وضع دودجسون كتابا آخر فى الالغاز الرياضية سماه « قصة مقعدة » واطلق على المسائل لفظ « المقعد » • واليك ، مثلا ، العقدة الأولى : اثنان من الرحالة قضيا من الساعة الثالثة الى الساعة التاسعة فى المشى على طريق مستو ، ثم تسلق جبل ثم الهبوط من الجبل ومرة أخرى على الطريق المستوى الى منزلهما • وكانت سرعتهما على الطريق المستوى ٤ أميال فى الساعة • احسب المسافة التى مشياها ، خلال نصف ساعة ، عندما كانا على القمة •

وفى مجموعة مخطوطات دودجسون التى امتلكها نجد اللغزين المحبين الى نفسه واللذين لم ينشرهما • وأحدهما هو « أين يبدأ النهار ؟ » وفيه يقول : ان التناقض الظاهرى قد يؤدى بالشخص الذى يسير حول الأرض فى اتجاه الغرب بنفس سرعة الشمس ، اذا بدأ من مكان ما فى يوم الثلاثاء فإنه سيعود الى نفس المكان يوم الأربعاء • فأين ومتى حدث هذا التغير فى التاريخ ؟ ولقد أجهد دودجسون الكثيرين من الموظفين الحكوميين وشركات التلغراف بمراسلاته وسؤاله هذا ، الذى طرحه لأول مرة عام ١٨٦٠ • ولم يستطع أحد الاجابة عن هذا السؤال بالطبع ، الى أن اتفق على خط التاريخ العالمى عام ١٨٨٤ •



ان التناقض الظاهري لهذه المثلثات يؤدي الى النتيجة المستحيلة وهي أن ٦٤ تساوي ٦٥ . فالربع الموجود أعلى الرسم يتكون من 8×8 وحدات مربعة ، وقد قسم الى أربعة أجزاء مبنية في الوسط . فإذا ركبت هذه الأجزاء لكي تكون المستطيل المبين في أسفل الرسم ، فانتا تجد به ظاهريا ١٣×٥ وحدة مربعة . إلا أننا إذا دققنا النظر في المستطيل تبين لنا أن ميل القاعدة المواجهة للزاوية القائمة في كل مثلث لا يساوي ميل الجانب المائل من الشكل الرباعي الاضلاع المجاور لجانبه الأقصر . والواقع أن « المربع » الزائد ينتج من انبساط الفضاء الواقع بين أجزاء المستطيل العلوية والسفلية . ولقد وضّح كارول تعميما لهذا التناقض الظاهري في معادلة جبرية تعطي أبعاد جميع المربعات الممكنة التي يمكن تقطيعها بهذا الشكل المتناقض ظاهريا ، مثل المربعات التي أبعاد جوانبها ٢١ وحدة و ٥٥ وحدة .

أما نغزه الثاني المفضل والذي أسماه «القرد والوزن»، فقد حير أيضا معاصريه • وهذا اللفز هو : حبل تام الليونة لا وزن له علق على بكرة لا وزن لها ولا احتكاك ، وفي أحد طرفي الحبل قرد وفي الطرف الآخر وزن يعادل تماما وزن القرد • وبدأ القرد في تسلق الجبل ، ماذا يحدث للوزن في الطرف الآخر ؟ •

فإذا كنا سنأخذ بحرفية الكلام فانتنا لا نستطيع أن نقول ماذا يحدث للوزن إلا إذا عرفنا بالضبط ماذا يفعل القرد ، وما إذا كان يجذب الحبل برفق ، أو يهزه بعنف ، أو ما إلى ذلك • ولكن يمكن بشكل عام ، إعطاء حل كامل وبسيط لهذا اللفز ، لأنه حسب الشروط الواردة في اللفز يؤثر الحبل على الوزن بنفس القوة التي يؤثر بها على القرد في أية لحظة • فكيفما يتحرك القرد يتحرك الوزن بنفس الشكل •

ويتضح من جميع كتابات دودجسون الرياضية أنه لم يكن رياضياً مهما • فكما رأينا ، بالنسبة للهندسة ، كانت آراؤه غنيغة حتى بالنسبة لمصره • وفي مسألة الاحتمالات التي سبق ذكرها فشل في إدراك مبدأ العلة غير الكافية ، وبالنسبة للجبر كتب مرة في مذكراته : « يبدو أن $2 = (س + ٢)$ هي دائماً مجموع مربعين ولكن هذه حقيقة لا يمكن اثباتها » • وقد أخذ بعض الوقت لكي يتذكر الحقيقة التي يعرفها أي تلميذ يدرس مبادئ الجبر وهي أن $٢ = (س + ٢) = (س + ٢) + ٢ = (س - ٢) + ٢$ • وبالنسبة للتفاضل كان مفهومه عن الكميات

المتناهية فى الصفر غاية فى الارتباك وكانت بالنسبة له كميات غريبة غير واضحة فهى ليست لا نهائية وليست محددة وليست صفرا ، وتعوى كراساته اخطاء منطقية بشمة مثل « وحدة الكميات المتناهية فى الصفر » و « وحدة اللانهاية » و « الجد الأدنى للكسر المحدود » - ولم يستطع أن يفهم المفهوم الأساسى للمعاملات النهائية فى التفاضل ، وذلك كما تشير ملحوظته التى كتب فيها : « ان الفكرة التى تقول انه مادام من الممكن اثبات أن كمية متغيرة تساوى تقريبا كمية ثابتة ، فانها ستصبح بالفعل مساوية لها ، أمر غير مقبول فى نظرى ، اذ يمكننا فقط أن نختزل الفرق ونكتننا لا يمكننا أن نلغيه » -

★★★

ولكن قبل أن نشطب دودجسون من سجل الرياضيين لابد أن نلم بما حققه فى مجال المنطق - فقد كان نصف كتاباته فى الرياضيات تقريبا فى هذا المجال -

ولعل أهم هذه الكتابات كان « لعبة المنطق » الذى نشر عام ١٨٨٦ - والنسخة الموسعة التى نشرت بعد ذلك بعشرة أعوام كتاب أطول وأكثر جدية من الأول وكان اسمه « المنطق الرمضى : الجزء الأول ، المبادئ » - وفى هذا الكتاب طور كارول استخدام الطريقة التى بدأها العالم الرياضى السويسرى ليونارد أويلر عام ١٧٦١ - وهذه الطريقة تعوى تقديم مجموعات من الفروض المتماثلة بواسطة رسومات فراغية ، مع لفة رمزية لترجمة الرسومات الى وقائع

لويس كارول

لغوية شفوية • وكانت الأمثلة التي اخترعها لاستخدام هذه الطريقة ماهرة وطريقة •

لقد وضع مثلا المقدمة التالية :

كل التنينات غير جذرة

كل الاسكتلنديين جذرون

وخلص الى الاستنتاجات التالية :

كل التنينات ليستوا اسكتلنديين

وكل الاسكتلنديين ليسوا تنينات

ومثال آخر على التسلية التي كان يمش عليها عند استخدام المنطق البسيط نجده في الآتي (توصل الى نتيجة منطقية من المقدمة التالية) :

« كان من المبعث أن تقدمها له !

كان عليك أن تعلم ، لو كنت حصيفا

أن البحارة كبار السن لا يحبون الشريد ! »

« ولكنني اعتقدت ، لأنه عمك ... »

« نعم انه عمي بكل تأكيد ! كلام فارغ . »

« يمكنك أن تقول « كلام فارغ » كما تشاءون .

ولكن كل ما أعرفه أن أعمامى أنا من كبار السن

ولكنهم يحبون الشريد جدا . »

« حسنا ، أن أعمامك أنت « (ليسوا بحارة) »

★★★

وبقدر ما كانت ألاماب كارول المنطقية مسلية ، إلا أنها لم تكن أصيلة من الناحية الفنية ولم تكن عميقة • ولقد ظل محافظا في أعماله المنطقية كما كان محافظا في الهندسة • ولقد أشار عالم المنطق البريطاني برهشويت الى أن كارول « لم يقبل المبدأ الذى تسبب فى تسهيل الكثير من المنطق التقليدى وهو تفسير القضية العامة على أنها لا تحتوى على حد الموضوع • وهكذا ففى نظر كارول يكون القول بأن « كل الضفادع التى تقفز أكثر من ٢٠ قدما لها نقيق مرتفع » يستلزم بالضرورة وجود ضفادع تقفز أكثر من ٢٠ قدما •

وعندما قاربت حياة كارول على الانتهاء أضاف اضافة مهمة الى علم المنطق أثارت حيرة أكثر الرياضيين جدية • لقد كانت مسألة تحوى تناقضا ظاهريا لم يستطع أحد حلها حلا نهائيا • والمسألة هى : فى دكان حلاق يوجد ثلاثة حلاقين ا ، ب ، ج (١) عاجز بحيث اذ ترك الدكان فعلى ب أن يخرج معه (٢) لا يستطيع أن يترك الحلاقون الثلاثة الدكان معا ، والا خلا الدكان تماما • لنبدأ الآن بهاتين المقدمتين المنطقتين ، ولنأخذ افتراضا ونرى ما النتائج التى تترتب عليه • لنفترض أن ج خرج • يترتب على ذلك أنه اذا خرج ا فان ب يبقى (حسب المقدمة الثانية) • ولكن اذا خرج ا يخرج ب أيضا (طبقا للمقدمة الأولى) • وهكذا نجد أن افتراضنا خروج ج قد أدى الى نتيجة نعلم الآن أنها غير صحيحة • وعلى ذلك فالافتراض غير صحيح ، واذن فان ج لا يستطيع الخروج • ولكن هذا كلام فارغ ، لأنه من الواضح أن ج يستطيع الخروج دون كسر أى من الشرطين •

وفى الحقيقة أن جـ يخرج إذا بقى ا فى داخل الدكان •
وهكذا نجد أن اتباع التعديل المنطقى بدقة مبتدئين بفرضين
يدل ظاهريهما على أنهما متسقان ، يؤدى الى نتيجتين
متناقضتين •

وقد يود بعض القراء أن يقول عند هذه النقطة : « ان
هذا الدكان بأصحابه الثلاثة يمثل وضعا ، بسيطا وواضحا ،
وانه يمكن الوصول الى عدة حلول سليمة وغير متعارضة
عمن يخرج أو لا يخرج » • وكل هذا حسن ولكنه لا يدرك
لب الموضوع ، اذ ليس الموضوع « هل يمكنك أن تقول شيئا
غير متناقض ؟ » لا ، لكن المسألة هي « ما وجه الخطأ
في جدال كارول ؟ » •

ولقد حاول برتراند رسل أن يدور حول المشكلة بأن
ذكر أن القول بأنه « اذا خرج ا فلا بد أن يخرج ب » لا تتعارض
مع القول بأنه « اذا خرج ا فلا بد أن يبقى ب فى الداخل » •
ويجادل بأن كلا القولين صحيح على شرط أن « يبقى ا فى
الداخل » • ولكن هذا يشبه الجدال القائل بأنه لا يوجد خلاف
بين قول أحد السياسيين ، انه « اذا فاز الجمهوريون ، فان
الأمور سوف تتحسن » ، وقول سياسى آخر انه « اذا فاز
الجمهوريون ، فان الأمور لن تتحسن » • ولن يرضى كلا
السياسيين اذا أكد لهما أحد المناطق أن انتصار الاشتراكيين
سوف يحقق قول كل منهما •

وربما قال قارئ آخر : « ما دمنا قد افترضنا أن جـ
خرج فائنا لسنا أحرارا فى أن نقول : (اذن ، اذا خرج ا ،
فان ب يبقى فى الداخل) » •

لقد وردت في كتاب هوايتهد وراسل « البرنكييا الرياضية » قاعدة أساسية تسمى « قاعدة الاستخراج » يمكن صياغتها في العبارات التالية : « اذا كان ق ، ك معا تستلزمان ر فان ق تستلزم أن ك تستلزم ر » فاذا طبقنا هذه القاعدة في حالتنا هذه أمكننا تحويل العبارة التالية : « اذا خرج ج ، ا من الدكان فان ب يظل بداخله » الى العبارة التالية : « اذا خرج ج فان ا ، ب يظلان بالداخل » .

وعلى هذا يمكن « استخراج » العبارة اثنائية من العبارة الأولى تحت ظل القواعد التقليدية للمنطق الكلاسيكي . وما ان نصل الى هذه النقطة حتى نجد لدينا الخيار بين أن نقبل رأى راسل (القائل بأنه « لا يوجد تعارض بين القول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب أن يخرج) والقول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب أن يظل بالداخل) ») أو أن نصل الى النتيجة المعيرة أن ج يجب ألا يخرج . والحاصل ، أننا اذا لم نرغب في استخدام طريقة راسل في الهروب من المشكلة فان علينا أن نجد طريقة ملتوية عند استخدام قاعدة الاستخراج .

وحديثا حل اثنان من رجال المنطق هذه المشكلة المعيرة بطريقة أكثر طرافة وان كانت أكثر تمقيدا ، ونشر حلها في المجلة الانجليزية « انذهن » . كما اقترحت وسيلة أخرى لمعالجة المشكلة في مجلة « الفلسفة والعلم » ، قدمها الدكتور أرثر . و . بيركس من جامعة ميتشيجان . وهو يقترح تحت عنوان « عبارات فطرية » تمييزا جديدا (فيما أعلم) بين ما سبناه « اللزوم السببي واللزوم المادى » ، ويرى أن الأول غير قابل « للاستخراج » مثل الثاني . وهو يستخدم ههنا

التمييز لكي يهرب من مشكلة دكان الحلاقة ولكن البعض يرون أنه لم يهرب الا بصموبة كبيرة .

ويعلق بريثويت على كل ذلك قائلا : « ان كارول كان يدفع بالحراث الى أغوار أبعد من معارفه . لقد كان يعمل في ذهنه منطق يدعو للاعجاب ولكنه لم يستطع أن يصل بهذا المنطق الى مستوى التكامل ، ومن أجل هذا كان منطقته الرمزية سطحيا . . . على حين كانت ألفازه العابرة غاية في العمق » .

من العسير أن يختتم المزمع الموضوع بأفضل من كلمات بريثويت . كان دودجسون المحترم مدرسا جافا ولكنه قدير في مبادئ الرياضيات . وكان لويس كارول منطقيا متممقا وممتازا وان لم يبع ذلك . وعندما حاول أن يعالج المنطق بشكل منهجي سليم لم يصب الا نجاحا متوسطا . وهو لم يعبر عن عمقه وبراعته الا حينما عالج المنطق بشكل متحرر غير مقيد . والواقع أن قيمته في معالجة المنطق تتضح لنا عندما نفتتح كتاب أرض العجائب .

كثيرا ما تحتوى كتب المنطق والفلسفة على اشارات لأليس ورفاقها في أرض العجائب . ويعتمد ب . ا . ب . جوردان في كتابه الممتع « فلسفة مسترب . رتر . ند . ر س ل » لحد كبير على كارول في توضيح الأفكار الأساسية للمنطق . ومن هذا الكتاب أخذنا العينات التالية التي تمكس عبقريّة كارول .

لقد ظل علماء المنطق لأجيال طويلة يصبأرون مع «نظرية التتابع» • متى يحق للمرء أن يقول : « أن س هي مطابقة ل ص » أو « أن س هي نفس ص » أو « أن س هي ص » • ولكن هذه المشكلة كانت واضحة تماما عند أصدقاء كارول الصغار •

«طول النهار يطابق أى شئ طوله مطابق لطول النهار» •
(سيلفى وبرونو) •

« لا حظ برونو أنه عندما يفقد الأستاذ الآخر نفسه ، فان عليه أن يصرخ مناديا عليه • ولا شك أنه سيسمع ذاته لأنه لن يكون بعيدا » • (سيلفى وبرونو) •

ان أغلب علماء المنطق ، وأغلبنا على وجه العموم ، يجب أن يلتزموا جانب الحذر فيما يتعلق بدقة التعريفات والخلط والتداخل بين ما تمنيه الكلمات وما تدل عليه • ولكن هذا الموضوع لم يكن مثار ازهاج على الإطلاق في الجانب الآخر من المنظار •

كان مه المستحيل التمييز بين تويديلدام وتويدلدى فى كثير من الجوانب ، وبينما كانت أليس تسير فى الطريق لاحظت أنه « عندما يتفرع الطريق فانها تجد حتما لافتتين تشيران الى نفس الاتجاه ، على الأولى « الى منزل تويدلدام » وعلى الأخرى « الى تويدلدى » • وأخيرا قالت أليس : « انتى اعتقد أنهما يعيشان فى نفس المنزل » •

لويس كارول

يقول هامتي دامتى بلهجة حادة : « عندما أستعمل أنا كلمة ما ، فانها تعنى ما أختار لها أن تعنيه – لا أكثر ولا أقل » .

فترد عليه أليس قائلة : المشكلة هى هل تستطيع أن تجعل الكلمات تعنى أشياء مختلفة » .

ويرد عليها هامتي دامتى قائلاً : « المشكلة هى من السيد . . هذا هو كل ما فى الأمر » .

وكثير من المسائل المعقدة فى علم المنطق الرياضى الحديث يدور حول احتمال وجود ما يسمى الفصل العام ، وحتى هذا حسبت له البعوضة حساباً ، فقد ذكرت لأليس أن ذبابة الخبز والزبد تحيا على الشئ الخفيف باللبث .

قالت أليس « وماذا اذا لم تجد هذا الغذاء ؟ »

فردت البعوضة : « لا شك أنها ستموت » .

وقالت أليس وهى تفكر : « ولكن هذا لا بد أن يحدث كثيراً » .

فردت البعوضة : « ان هذا يحدث دائماً » . (من خلال المنظار) .

اذا كان تحليل الوجود أمراً صعباً ، فأصعب منه أن تحلل اللاوجود . ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لأليس .

قالت أليس : « اننى لا أرى أحداً فى الطريق » .

وردت الملكة البيضاء فى لهجة جزعة : وددت لو كانت لدى مثل عيونك . أن يكون فى مقدورك أن ترى لا أحد ! وعلى

رجال علّموا للعلم

هذه المسافة ! عجباً ، اننى أصرف نفس الجهد لكى أرى
أناساً حقيقيين ، فى هذا الضوء الساطع ! » (من خلال
المنظار) •

لا شك أن المهتمين بمنطق العلم الحديث لا يوافقون على
أهمية ومدلول التجارب التخيلية ، وخاصة إذا تضمنت
هذه التجارب شروطاً لا يمكن تحقيقها • أما الملكة البيضاء
فلم تكن تهتم بهذا الأمر •

ضحكت اليس ثم قالت : « لا فائدة من هذه المحاولة ،
إذ لا يستطيع المرء أن يؤمن بالأشياء المستحيلة » •

فردت عليها الملكة البيضاء قائلة : « يبدو لى أنك لم
تتدربى على ذلك • عندما كنت فى مثل سنك كنت أتدرب على
ذلك نصف ساعة كل يوم • بل اننى فى بعض الأحيان كنت
أؤمن بستة أشياء مستحيلة قبل الافطار • » (من خلال
المنظار) •

لقد كانت مواهب كارول الحقيقية من القدرة والمعظمة
بحيث لا نجد أنفسنا فى حاجة الى التلطف عند التعرض
للقائض التى كانت تشوب كتاباته الرياضية • ولم يكن
كارول ذاته مغروراً فى هذه الناحية حتى لقد عبر عن حكمه
المتواضع على نفسه فى مذكراته اليومية إذ جاء بها عبارة
كتبها فى اليوم الأول من يناير عام ١٨٥٥ وعمره ثلاثة
وعشرون عاماً ، يقول فيها : « لقد حاولت أن أشغل نفسى
فى بعض الرياضيات ، ولكنى فشلت » •

سرينيفاسا رامانوجان

ليست هذه سوى كلمة موجزة تحوى ما لدينا من المعلومات الضئيلة عن حياة انقير الهندي انذى أصبح على حد قول أحد الثقات « أعجوبة الرياضيين فى هذا العصر » . مات سرينيفاسا رامانوجان فى الهند مريضا بداء الصدر فى ٢٦ أبريل عام ١٩٢٠ عن ٣٣ عاما ، واسمه غير معروف الا لدى علماء الرياضيات ، فهو لم يجذب انتباه أحد خارج مجال اختصاصه . ولكن بحوثه وأعماله تركت أثرا لا يمحى فى ميدان الفكر الرياضى .

كان ج . هـ . هاردى من كامبريدج ، وهو من كبار علماء الرياضيات فى عصره ، من أقرب الناس الى رامانوجان سواء نصلته به فى العمل أو نتيجة لملاقتهما الشخصية ، وذلك خلال السنوات الخمس المثمرة التى قضاها فى انجلترا . وأغلب المعلومات الواردة فى هذه المقالة أخذت من تأييد الأستاذ هاردى لرامانوجان وكذلك من مجموعة المحاضرات التى ألقاها الأستاذ هاردى فى جامعة هارفارد التى أسماها محاضرات رامانوجان ؛ أما بقية المعلومات فقد أخذناها من المقالة الصغيرة التى كتبها سيشو ايياى وراماشانندرا راو

والموجودة فى « مجموعة كتابات رامانوجان » • ومع ذلك
ففى هذه المقالة الصغرى التى نقدمها ما يكفى للدلالة على
مدى شخصية رامانوجان ونبوغه •

نشأ سرينيفاسا رامانوجان آيانجار ، حسب قول مؤرخه
سيشو ايباد ، فى أسرة برهمية فقيرة الحال من مركز تانجور
التابع لمقاطعة مدراس • وكان أبوه كاتباً للحسابات فى محل
أحد تجار الأقمشة ، وكانت أمه ، وهى امرأة على درجة عالية
من الإدراك ، ابنة موظف صغير بمحكمة المنصف (القاضى)
فى ايرود • وبقيت مدة طويلة بعد الزواج لا تنجب أطفالاً
« ولكن أباهما دعا الآلهة المشهورة ناماجيرى ، فى البلدة
المجاورة السماء ناماكال ، لكى تبارك ابنته وتهبها الذرية •
ولم يمض وقت قصير حتى كانت قد أنجبت أكبر أبنائها ،
عالم الرياضيات رامانوجان ، الذى ولد يوم ٢٢ ديسمبر
عام ١٨٨٧ » •

وعندما كان فى الخامسة ذهب الى المدرسة ، وقبل أن يبلغ
السابعة انتقل الى مدرسة المدينة الثانوية فى كامباكونام ،
حيث حصل على منحة دراسية • ويظهر أن قدراته غير العادية
قد وضحت فى ذلك الوقت • كان هادئاً كثير التأمل يتمتع
بذاكرة قوية غير عادية • وكان يسعد أن يطرف زملاؤه
بالنظريات والمعادلات ، والقائم مقطوعات كاملة من أصول
اللغة السانسكريتية • وكان يحفظ قيمة ط والجذر التربيعى
للعدد ، لأى رقم عشرين • وعندما كان فى الخامسة عشرة من
عمره ، وهو فى السنة السادسة الدراسية ، استعار له أحد
أصدقائه كتاب كار «المجمل فى الرياضيات البحتة» من مكتبة

سريغاسا رامانوجان

الكلية الحكومية بالمدينة • وفاضت نفس رامانوجان بالسعادة وهى تهيم فى هذا العالم الجديد الذى تفتحت آفاقه له • لقد أيقظ هذا الكتاب نبوغه وبدأ فوراً فى حل معادلاته • ولما لم يكن لديه أى كتاب آخر يستعين به فقد كان كل حل من حلوله بمثابة بحث أصيل بالنسبة له • اخترع أول الأمر طرقاً لتشبيد المربعات السحرية ، ثم تطرق الى الهندسة حيث أخذ فى تربييع الدائرة ثم تطور الى ان قدر طول محيط الأرض عند خط الاستواء ، ولم يكتف تقديره عن التقدير الحقيقى الا بمقدار بضع أقدام • ولما وجد مجال الهندسة محدوداً تحول الى الجبر • وكان رامانوجان كثيراً ما يردد أن آلهة ناما كأل توحى اليه بحلول المعادلات فى أثناء نومه • ومن المريب أنه كان يدون النتائج التى يتوصل إليها بمجرد قيامه من النوم ، ولو أنه كثيراً ما كان يمجز عن اعطاء اثبات قاطع لها • واستمر يطبق هذا النظام طوال حياته •

وحصل على الشهادة الثانوية وعمره ١٦ سنة من الكلية الحكومية فى كامباكونام وحصل على « منحة سوبرا ماينام الصغرى الدراسية » • ونظراً لضعفه فى اللغة الانجليزية - اذ لم يكن يهيم الا بالرياضيات - فقد رسب فى الامتحان التالى وفقد بذلك المنحة • ثم ترك كامباكونام ، أولا الى فيزاجاياتام ثم الى مدراس ، وهناك تقدم الى « الامتحان الأول فى الآداب » فى ديسمبر عام ١٩٠٦ ، ولكنه رسب فيه ولم يتقدم اليه ثانية • وفى السنوات التالية استمر فى بحوثه الرياضية مستقلاً • ولما تزوج عام ١٩٠٩ كان عليه أن يبحث عن عمل دائم يرتزق منه • وفى أثناء ذلك حصل على خطاب

توصية الى أحد محبى الرياضيات الحقيقيين وهو راماشاندرا راو الذى كان يعمل محصلا فى نيلور، وهى مدينة صغيرة تقع على بعد ٨٠ ميلا شمال مدراس . وكان راماشاندرا راو قد اطلع فعلا على كراستين لرامانوجان ملاحظا بالآرام والأفكار المجدبة . ولعله من الأفضل أن ننقل هنا ما تم فى هذه المقابلة الأولى على لسان راماشاندرا نفسه .

«منذ بضع سنوات، قال لى أحد أبناء أخى وهو لا يعلم شيئا عن الرياضيات : (عمى ، يوجد زائر يتكلم فى الرياضيات؛ وأنا لا أفهم مما يقول شيئا ؛ فهل لك أن ترى اذا ما كان فى قوله ما يفيد ؟) وفى فيض من حكمتى الرياضية ، تنازلت وأذنت لرامانوجان أن يدخل فى حضرتى . ودخل على رجل خشن المظهر ، غير حليق ، لا تبدو عليه النظافة ، ممتلئ الجسم ، الا أن عينيه النلامعتين كانتا تلفتان النظر ، وكان يتأبط كراسا ممزقا ، ويبدو فقيرا بائسا ، فر من كامبأ كونام لكى يجد فى مدراس من وقت الفراغ ما يسمح له بمتابعة دراساته . ولم يتق قط الى أن يصبح شخصا مميزا . لم يكن يطلب سوى أن يقدم له أبسط الغذاء دون أى مجهاد من جانبه ، وأن يسمح له بالاسترسال فى أحلامه .

« وفتح كراسه وأخذ فى شرح بعض كشوفه . ورأيت من أول وهلة أن هناك شيئا خارقا ؛ ولكن معلوماتى لم تسمح لى بأن أقرر هل يقول كلاما مقبولا أم هذرا فارغا . وأجلت حكمى عليه وطلبت منه أن يعود الى مرة أخرى ، ففعل . ولكنه اذ لاحظ جهلى قدم الى بعضا من المسائل السهلة . وكانت هذه تفوق ما يوجد فى الكتب الحالية ، فأيقنت أنه

سرينيفاسا رامانوجان

رجل رائع • ثم أخذ يتدرج ممي خطوة خطوة الى التفاضلات
الاهليلجية والمتسلسلات فوق اهندسية والمتسلسلات غير
التقاربية • وعند سألته عما يطلبه اجاب بأنه يريد الكفاف
لكي يتمكن من متابعة بحوثه •

★★★

وقد تعهد راماشاندرا راو بأن يدفع نفقات رامانوجان
لفترة من الزمن • وبعد مدة ، اثر فشل المحاولات المختلفة
التي بذلت لكي يحصل على منحة دراسية ، وكان رامانوجان
قد رفض ان تطول اعالته ، قبل ان يعمل فى وظيفة صغيرة
بمكتب شركة ميناء مدراس •

ولكنه لم يهمل قط بحوثه الرياضية • وكان أول أعماله
البحث الذى نشره فى مجلة الجمعية الرياضية الهندسية عام
١٩١١ وكان عمره ٢٣ سنة • وكان أول بحث طويل نشره
عن « بعض خواص أعداد برنولى » ونشر فى نفس العام •
وفى عام ١٩١٢ قدم الى نفس المجلة بحثين آخرين وعدة
مسائل للحل •

وكان راماشاندرا فى ذلك الوقت قد اقنع السيد
جريفيث من كلية مدراس الهندسية أن يهتم برامانوجان ؛
ولذلك فقد اتصل جريفيث بسير فرانسيس سبرينج مسدير
شركة مدراس وأوصاه برامانوجان • ومنذ ذلك الوقت أصبح
من السهل الحصول على اعتراف بقيمة أعماله • وبدأ
رامانوجان - بناء على نصيحة سيشو ايباد وآخرين - فى
مراسلة ج • هـ • هاردي وكان اذ ذاك زميلا بكلية ترينيتى ،
يكامبريدج ، وهذا نص خطابه الأول لهاردي ، وهو مؤرخ

رجال عاشوا للعلم

فى ١٦ يناير ١٩١٣ ، وقد ساعده أصدقائه فى صياغته
بالانجليزية •

« سيدى العزيز ،

اسمح لى بأن أقدم لك نفسى فأنا أعمل كاتباً للحسابات
فى شركة مينام مدراس يمرتّب قدره عشرون جنيها سنوياً •
وايبلغ من العمر ٢٣ سنة (كان عمره فى الحقيقة ٢٥ سنة)
ولم أحصل على أى تعليم جامعى ولكنى أتممت الدراسة
الثانوية • وبعد انتهاء دراستى كنت أقضى أوقات فراغى فى
دراسة الرياضيات • وأنا لم أطرق سبيل الدراسة الجامعية
المنتظمة ، ولكنى أشق طريقى الخاص بنفسى • وقمت
بدراسة خاصة للمتسلسلات غير التقاربية بشكل عام ، ويصف
علماء الرياضيات هنا النتائج التى توصّلت إليها بأنها
« مذهلة » • • •

اننى أرجوكم أن تراجعوا الأوراق المرفقة بهذا
الخطاب • ولما كنت فقيراً فأننى أرجوكم إذا اقتنعتم بقيمة
نظرياتى أن تعملوا على نشرها • وأنا لم أذكر الأبحاث
الحقيقية ولا التعبيرات التى حصلت عليها ولكنى أشرت فقط
الى السبيل الذى أتبعه فى حلها • ولما كانت خبرتى ناقصة
فأننى أقدر أية نصيحة تقدمونها لى • وأننى اذ أستطيعكم
عذراً لما سببته لكم من أزعاج •

سوف أبقى لكم ، ياسيدى العزيز •

المخلص

من • رامانوجان

وأرفق بالخطاب ١٢٠ نظرية علق عليها هاردى
بما يأتي :

« ليس من السهل أن يقدر المسرع الأثر المباشر الذى
يحسه أستاذ رياضيات عادى ، يتلقى خطابا مثل هذا من كاتب
هندى مغمور »

« كان أول خاطر جال فى ذهنى هو هل يمكننى حقا أن
أدرك قيمة هذا العمل • لقد برهنت أشياء مثل (١ - ٧)
بنفسى • ويبدو أننى ألم بشكل غامض بالمعادلة (١ - ٨) •
والواقع أن (١ - ٨) من المسائل التقليدية ، انها معادلة
للإيلاس وكان جاكوبى أول من أثبتتها ، أما (١ - ٩)
فجاءت ضمن بحث نشره روجرز عام ١٩٠٧ • وقد فكرت
أننى ، كخبير فى التكاملات المعينة ، قد يمكننى اثبات
(١ - ٥) ، (١ - ٦) ، وقد فعلت ذلك ، ولو أن هذا
الامر أبخذ منى من الجهد أكثر مما توقعت • »

« أما المعادلات المسلسلة (١ - ١) ، (١ - ٤) فقد
وجدتها أكثر صعوبة ، وسرعان ما بدا لى واضحا أن
رامانوجان قد وضع نظريات أكثر من التى بحث بها وأنه
يحفظ لديه بالباقي • وكانت الثانية معادلة معروفة تماما
لبارو وهى عن نظرية متسلسلات لاجاندر ، ولكن الأخرى
كانت أصعب مما تبدو • »

أما المعادلات من (١ - ١٠) الى (١ - ١٣) فهى على
مستوى مختلف ، ومن الواضح أنها أصعب وأعمق • ويمكن
لأى خبير بالدوال الناقصة أن يلاحظ فورا أن (١ - ١٣)

قد استخرجت بشكل ما من نظرية (خرب الأعداد المركبة) ،
ولكن (١ - ١٠) الى (١ - ١٢) هزتنى تماما ، فلم يسبق
لى أن رأيت قبل ذلك ما يشبهها وتكفى نظرة واحدة اليها
حتى يؤمن المرء أنه لا يكتبها الا عالم رياضى من الطراز
الأول . ولابد أن تكون صحيحة اذ لا يوجد الشخص الذى
يملك من الخيال ما يمكنه من اختراعها . وأخيرا . . لابد
أن يكون الكاتب انسانا تام الأمانة ، لأن عظماء الرياضيين
أكثر شيوعا من اللصوص أو الدجالين الذين يمتلكون مثل
هذه المهارة الفائقة » .

★★★

« ومع أن رامانوجان قد أثبت نجاحه الفائق فى عدة
مجالات الا أن عمله فى الأعداد الأولية وكل ما يتصل بهذه
النظرية من مسائل كان مخطئا بكل تأكيد . ولعل هذا هو
فشله الكبير . ومع كل ، فأننى لست متأكدا أن فشله لم يكن ،
بشكل ما ، أعجب من كل انتصاراته » .

★★★

وكتب هاردى ، معلقا على رموز رامانوجان فى إحدى
المسائل الرياضية التى وردت فى هذا المجال ، قائلا : « ان
لاندائو حصل عليها أولا فى عام ١٩٠٨ . ولم يكن لدى
رامانوجان أى سلاح من أسلحة لاندائو ؛ لم يكن قد رأى أى
كتاب فرنسى أو ألمانى ؛ بل أن المامه باللغة الانجليزية كان
من الضعف بحيث لم يسمح له بالحصول على درجة جامعية .
وكفاه فخرا أنه كان يعلم بمثل هذه المسائل ، وهى مسائل

أخذ أحسن علماء الرياضة الأوروبيين مائة عام لحلها ،
ومازال حلها غير كامل الى يومنا هذا » .

وأخيرا وفي شهر مايو عام ١٩١٣ ، ونتيجة لجهود كثير
من أصدقائه ، أعفى رامانوجان من عمله ككاتب في شركة
ميناء مدراس وأعطى منحة دراسية . وكان هاردى قد بذل
عدة محاولات لكي يسافر اليه رامانوجان في كامبريدج .
وقد بدا أن الطريق سهل ميسور ، إلا أن رامانوجان رفض
في مبدأ الأمر نظرا لتعصب طائفته الدينية ولأن أمه لم
تسمح له بالسفر .

كتب هاردى قائلا : « وأخيرا ، أمكن الحصول على هذه
الموافقة بسهولة وبشكل لم تكن نتوقه . وذلك أن أمه أعلنت
ذات صباح أنها رأت في منامها في الليلة السابقة ابنها
جالسا في قاعة فسيحة بين مجموعة من الأوروبيين وأن الالهة
ناماجيرى قد أمرتها ألا تقف في طريق ابنها وألا تمنعه من
تحقيق أهدافه في الحياة » .

وعندما ذهب رامانوجان أخيرا كان قد حصل على منحة
دراسية من مدراس قيمتها ٢٥٠ جنيها ، خصص منها ٥٠
جنيها لاعانة أسرته في الهند ، كما حصل على اعانة أخرى
قدرها ٦٠ جنيها من ترينيتى .

وفيما يلي ما كتبه هاردى عن رامانوجان : « واجهتني
مشكلة كبيرة . إذ كيف أعلمه الرياضيات الحديثة ؟ فقد كان
يذهلني أن معلوماته محدودة بقدر ما هي عميقة . كان

أماى رجل يستطيع أن يحل المعادلات المقياسية ، ونظريات ضرب الأعداد المركبة الى رتب لم نسمع بها ، رجل يسيطر على رياضيات الكسور المتصلة بشكل يفوق كل عالم آخر ، رجل وجد لنفسه المعادلة الدالية لدالة زيتا والحدود السائدة فى كثير من المشاكل الشهيرة فى النظرية التحليلية للأعداد ، وهو فى نفس انوقت لم يسمع بالدانة الدورية المزدوجة أو بنظرية كوش ، ولم تكن لديه سوى فكرة باهتة عن دالة المتغير المركب . أما أفكاره عن البراهين الرياضية ومم تتكون فكانت مجرد ظلال باهتة . ولقد توصل الى كافة نتائجها القديمة والحديثة ، السليمة والخطئة ، عن طريق استخدام الحجج المختلطة والبداهة والاستقراء ، وكان عاجزا عن اعطاء فكرة متماسكة عن طريقته هذه .

لقد كان من المستحيل أن نطالب مثل هذا الرجل بالخضوع للتعليمات المنظمة ؛ أو أن يبدأ فى تعلم الرياضة . وكنت خائفا اذا ما أصررت على أمور لا يقبلها رامانوجان ، أن أحطم ثقته بنفسه أو أن أحول دون الوحي الذى يهبط عليه . ولكنى من ناحية أخرى كنت أرى أنه من المستحيل أن يبقى جاهلا ببعض الأمور . كانت بعض نتائجه مخطئة ، وخاصة تلك المسائل المتعلقة بتوزيع الأعداد الأولية ، التى كان يعلق هو عليها أهمية خاصة . كان من المستحيل أن أتركه يمتدح خطأ طوال حياته أن جميع أصفار دالة زيتا حقيقية . ولذلك فقد حاولت تعليمه ، ونجحت بشكل ما ، ولو أننى فى الواقع تعلمت منه أكثر مما علمته .

« ولا بد من كلمة أضيفها عن هوايات رامانوجان الأخرى غير الرياضيات ، وكانت هذه بدورها مثل رياضياته

مزيجاً من الأمور العجيبة • ولم يكن له أى اهتمام بالآداب أو الفنون ، ولو أنه كان يميز الأدب الجيد من الرديء • ولكنه كان من جهة أخرى فيلسوفاً متممقا ، ويبدو لأنصار مدرسة كامبريدج الحديثة من النوع السديمي ، كما كان سياسياً متحمساً متطرفاً في حبه للسلام • وكان يتمسك بقواعد دينه بشدة غير معهودة في الهنود المقيمين في إنجلترا • ولكن تمسكه بدينه كان من قبيل المادة أكثر منه عن إيمان مفكر ، وإننى مازلت أتذكر جيداً قوله لى (مما أثار تعجبى) ان جميع الأديان تبدو له متساوية ومتكافئة الى حد بعيد • وكان يحب بكل ما هو غريب سواء فى الأدب أو الفلسفة أو الرياضيات • • • وكان نباتياً بكل معنى الكلمة — مما سبب له كثيراً من المتاعب عندما مرض فيما بعد — وكان يظهر طعامة بنفسه طوال مدة إقامته فى كامبريدج ، ولم يكن يفعل ذلك الا بعد أن يغسل ملابسه ويلبس البيجاما • • • »

وفى ربيع عام ١٩١٧ ، بدا أن صحة رامانوجان ليست على ما يرام • وذهب الى أحد بيوت التمريض فى كامبريدج فى أوائل الصيف ولم يفادر السرير لفترة طويلة بعد ذلك • ثم تنقل بين المصحات فى ويلز وماثلوك ولندن ولم تبدأ صحته فى التحسن الا فى خريف عام ١٩١٨ ، فعاد نشاطه • ولعل ما حفزه لذلك ، أنه انتخب عضواً بالجمعية الملكية ، وقد توصل فى ذلك الوقت الى أجمل نظرياته وأبدعها • ومما زاد فى تشجيعه انتخابه زميلاً فى كلية ترينيتى • وعلى هذه الجمعيات العلمية الشهيرة أن تهنىء نفسها لأنها انتخبته لمضويتها قبل أن يموت •



وعاد رامانوجان الى الهند في أوائل عام ١٩١٩ ، حيث مات في العام التالي .

وإذا أردنا أن نقدر طريقة رامانوجان وعمله وبحوثه في الرياضيات فعلينا أن نقتبس مرة أخرى من أقوال هاردي :

« كثيرا ما كنت أسأل عما اذا كان لرامانوجان أى سر خاص ؛ وعما اذا كانت وسائله تختلف نوعيا عن وسائل غيره من علماء الرياضيات ؛ وعما اذا كان فى طريقة تفكيره شىء من الشذوذ . وأنا لا أستطيع أن أجيب عن هذه الأسئلة بثقة أو تأكيد ، ولكنى لا أعتقد فى كل هذه الأشياء . ان اعتقادى هو أن جميع الرياضيين يفكرون فى أعماقهم بنفس الوسيلة والأسلوب ، وأن رامانوجان لم يكن شاذا فى هذا . ولكن لا شك أن ذاكرته كانت غير عادية . كان فى امكانه أن يتذكر الأرقام وما فيها من خواص بشكل غير عادى . ولعل مستر ليتلود هو الذى قال عنه : « لقد كان كل رقم عجيب من أخلص أصدقائه » . واننى أذكر أننى ذهبت مرة لميادته فى أثناء مرضه فى بوتنى . وركبت سيارة أجرة رقم ١٧٢٩ ، وذكرت له أن هذا الرقم قد بدا لى قميئا ، وأننى أرجو ألا يكون هذا فالأ سيئا . ولكنه أجاب : لا انه عدد طريف ، انه أصغر عدد ممكن كحاصل جمع مكعبين بطريقتين مختلفتين ، فسألته بطبيعة الحال عما اذا كان يعرف الجواب المماثل بالنسبة للأعداد المرفوعة للأس الرابع ؛ وأجاب بعمد برهة من التفكير أنه لا يرى اجابة واضحة لهذه المسألة ، وأنه يعتقد أن مثل هذا العدد لا بد وأن يكون كبيرا جدا . لقد

صرينيلاسا رامانوجان

كانت ذاكرته وقدرته على الحساب غير عادية ، الا أننا لا يمكننا أن نقول انها كانت « شاذة » . وكان اذا ضرب عددين كبيرين اتبع الطريقة العادية ، وكان في امكانه أن يفعل ذلك بسرعة ودقة غير عاديتين ، الا أنه لم يكن في ذلك أسرع أو أكثر دقة من أى رياضى يتميز بسرعة الحساب .

« أما ما يثير العجب حقاً فهو تعمقه فى المعادلات الجبرية ، وتحويل المتسلسلات اللانهائية ، وما شابه ذلك . وفى مثل هذه الأمور لم أر له مثيلاً قط ، ولا يمكن مقارنته الا بأويلر أو جاكوبى . وكان يفوق رياضى العصر الحديث فى استخدام طريقة الاستنتاج بواسطة الأمثلة المدددة ، حتى لقد كشف جميع خواص التطابق فى عمليات التجزئة ، مثلاً ، بهذه الطريقة . وبالإضافة الى ذاكرته هذه وصبره وقدرته على الحساب ، كانت لديه القدرة على التعميم والاحساس بالشكل والقدرة على سرعة تعديل نظرياته وفروضه التى كانت فى الغالب مدهشة والتى جعلته فى أيامه دون نظير أو منافس فى فرع تخصصه .

« وكثيراً ما يقال ان الرياضيين يجدون صعوبة أكبر هذه الأيام فى البحث عن الموضوعات الأصلية بالمقارنة بالصعوبة التى كان يجدها الرياضيون فى الأيام انمظيمة التى وضعت فيها أسس التحليل الحديث ، ولا شك أن هذا القول فيه شيء من الصحة . وقد تختلف الآراء بالنسبة لأعمال رامانوجان ، ونوع المقياس الذى تحكم به عليه ، وتأثير أعماله على الرياضيات فى المستقبل . ان هذه الأعمال لا تتسم ببساطة الأعمال المظيمة جداً ، وربما كانت أعظم لو أنها

كانت أقل غرابة . . إلا أن المزية التي تتصف بها والتي لا يمكن نكرانها هو أنها كانت أعمالاً عميقة وأصيلة . وكان من الممكن أن يكون رياضياً أعظم مما كان لو أنه هذب وتعلم منذ الصغر ، إلا أنه لو تعلم وتهذب منذ الصغر لما كان رامانوجان الذي كانه ، ولكان أقرب إلى أى أستاذ أوروبى ، وربما كانت الخسارة فى هذه الحالة أكبر من المكسب . »

تعريف بالمؤلفين

١٠ بيرنارد كوهين

وولد منذ ١٩٥٣ عضواً في الجمعية الملكية . وهو يمتلك مجموعة كبيرة من الكتب العلمية التي كتبت في القرن السابع عشر ، هذا بالرغم من أن جزءاً كبيراً من هذه المجموعة قد دمر أثناء غارات الألمان .

جيمس ر. نيومان

ولد جيمس ر. نيومان في مدينة نيويورك عام ١٩٠٧ ، وأصبح في دراساته للرياضيات في كلية نيويورك ، وفي دراساته للقانون بجامعة القائلون بكونوميا ، واصل محامياً وهو لم يتجاوز الثانية والعشرين من عمره . غير أنه لم يستغل مواهبه في معلومة المصاواة والتي أن يستغلها ، بل بالانتماء مع المرحوم إدوارد كاستر ، في كتابة كتاب عنوانه « الرياضيات والخيال » ، نشره سيمون وشوستر عام ١٩٤٠ ، وما زال يباع منه ٨٢ نسخة كل شهر ، وبلغ عدد النسخ المبيعة منه ٤٢٠٠٠ نسخة في ١٤ طبعة . وقبيل نيومان خلال الحرب سجداً من المصائب النشئة الهامة في وزارة الحرب وفي هيئة الإنتاج الحربي وفي السفارة الأمريكية في لندن . وكان نيومان من القلائل من غير المشتغلين بالعلم الذين لم يغلقوا بجاح مشروعاتهم ، ومن ثم سانه استطاع أن يلعب دوراً فعالاً كمستشار للجنة مجلس الشيوخ المختصة بالطاقة الذرية معضداً تكوين لجنة مدنية للطاقة ومعارها رأى الطالبين بالإشراف العسكري . وعندما تكونت مجلة « المعلم الأمريكي » « الجديدة » في مطلع عام ١٩٤٨ ، سار واحداً من هيئة تحريرها وأخذ على عاتقه توجيه القسم الخاص بعرض الكتب العلمية .

وقبيل ١٠ بيرنارد كوهين منصب أستاذ مساعد لتاريخ العلوم والتربية العامة في جامعة هارفارد ، تخرج في كلية هارفارد عام ١٩٣٧ وقلل يعمل بها مدرسا لعلوم الفيزياء على حين يستكمل دراساته في تاريخ العلوم تحت إشراف المرحوم جورج سارتون ، وحصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٧ ، وكانت الحرب وتدريب جلود البحرية وطلبة الجيش ، هما السبب في هذا التأخير . ويعمل كوهين محرراً لمجلة خاصة بتاريخ العلوم هي مجلة « أيزيس » ، والف كتاب « العلم : خاتم الإنسان » ، وهو كتاب يعالج بشكل ملقح أهمية التعصيد التالي من جانب الرأي العام للبحوث العلمية الهامة .

١١ ن. د. ك. اندراد

ظل ١١ ن. د. ك. اندراد يحتل - عدة سنيين - مركز أستاذ علم الفيزياء في جامعة لندن ، غير أنه اشتهر أخيراً بدراساته الخاصة بتاريخ العلوم . ولد في لندن عام ١٨٨٧ في عائلة برتغالية الأصل . وعندما التحق بجامعة لندن بدأ في دراسة تركيب المعادن ، وكشف ما يعرف اليوم بكتيون اندراد الخاص بتركيب المعادن . وحصل بعد ذلك على درجة الدكتوراه في جامعة هيدلبرج وعمل في معمل ارنست رذرفورد في مانشستر . وفي عام ١٩١٣ ، حصل على أول قياسات لطول موجات الأشعة جاما . وقام بخدمته العسكرية في فرنسا خلال الحرب العالمية الأولى ، ثم قام بتدريس علم الفيزياء في كلية المنطقية حتى عام ١٩٢٨ حين عين في جامعة لندن . وتلقى اندراد كثيراً من أشكال التكريم ،

رجال عاشوا للعلم

السير ادموند ويتاكر

ظل السير ادمون ويتاكر نشطا ومنتجا وعالم وباحث حتى مات عام ١٩٥٦ وقد بلغ الثالثة والثمانين من عمره . انه لم يكن عالما رياضيا بحتا فحسب ، بل ظل طوال حياته العملية الطويلة محاطا بمجموعة رائعة من العلماء . درس الرياضيات في كمبريدج تحت اشراف ارثر كابلدي ونلسير جورج ستوكس ، وعندما كان زميلا في كلية ترينيتي عمل مع « ن . هولينده وبيتراند رسل والنسير ج . ج . تومسون والنورد زرنفورد » . وعندما كان موظفا شاعيا في الجمعية البريطانية لتطوير العلوم تعرف الى « عالم الفيزياء النظرية اليسارز فرانكيس فينچيرالد » وكان من بين تلامذته خلال السنين الطويلة ج . ه . هاردي والسير جيمس جيلز والسير ارثر ادجتون و « ه . و . ثوربول والسير جيفري تيلور » . وفي عام ١٩٠٦ حين ويتاكر الفلكي الملكي لايرلندا ، واحتل كرسى الفلك في جامعة دبلن الذي كان يمثله وليام رومان هاميلتون . وكان أبرز تلاميذه هناك ايمون دي فاليرا الذي كان بارزا في الرياضيات . وعندما ترك ويتاكر ايرلندا ليحتل كرسى الرياضيات في جامعة ادنبرة ، كتب اليه دي فاليرا قائلا ان احدى اماليه الكبيرة ان يقل كتابي ويتاكر « التحليل الحديث » و « الديناميكا التحليلية » التي اللغة الكيفية . والى جانب نشاط ويتاكر في الرياضيات والفيزياء كان يعمل في ميادين الفلسفة والدين . كان كاثوليكيًا وأولى اهتماما كبيرا الى العلاقة بين العلم واللاهوت .

ميتشيل ويلسون

ميتشيل ويلسون روائي وعالم في الفيزياء . وكان في وقت ما باحثا في الصناعة . وقد اوجد لنفسه اسما ككاتب « المثلثين »

القليل في مجالات العلوم والتكنولوجيا . ولد في مدينة نيويورك عام ١٩١٣ ، وحديثه الآداب والعلوم على حد سواء عندما كان يدرس بجامعة نيويورك وكولومبيا . وحصل الميزان في بعض الأحيان الى جانب العلوم بفضل احدى استاذة الفيزياء . وقد تخرج ويلسون فعلا على يد « ن . هارين » واشتغل مساعدا لآرتريكو هيرسي في بحوثه عن الميزونات . وفي عام ١٩٤٠ التحق ببيئة بحوث شركة الكريون الكولومبية . اجري بحوثا على الانلام المنثلية والتسعين للذنبات العلية . وحاول طوال هذا الوقت ان يصبح كاتباً ، وباع قصته الاولى لدار كوممويلثان عام ١٩٣٩ . ثم كتب عدة روايات من النوع الذي يُلَب على طابع الغموض . وفي عام ١٩٤٤ كان عليه ان يختار احدى الطريقتين : البحث العلمي او الكتابة . وكان اول انتاجه في الطريق الاخير « هان مع الحرق » وهي رواية قصصت على تاييد الشك باختيارها القصة التي تروى كيف يصبح المرء عالما فيزيائيا في العصر الحالي .

نيلس دوفين

نيلس دوفين هو رئيس شركة المصليون ، وهو كيميائي ، ولد في لندن عام ١٩١٠ ، وتخرج في جامعة اكسفورد عام ١٩٣٩ ، واجري بحوثا في الكيمياء العضوية بالكوليج دي فرانس . وجاء الى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ بعد ان كان يعمل مساعدا فنيا لدى احد مصانع المرفقات التي تديرها وزارة التكوين البريطانية . شغف بدراسة تاريخ الكيمياء ، وتوجد الآن بجامعة ويسكونسن مجموعة من البحوث الكيميائية القديمة وكيمياء تحويل المعادن الى ذهب ، جمعها دوفين ، ولعلها اكبر مجموعة من المطبوعات والمخطوطات التي تعرض اعمال الفلوازيبه وبحوثه . وقد اشترك اخيرا مع آخرين في

لورين ك. ايزلي

يعمل لورين ك. ايزلي أخصاصاً في علم الإنسان (علم الإنسان) بجامعة يوسيفيا ، ومقرها على القسم الخاص بالإنسان القديم بمكتب الجامعة . ولد ايزلي عام ١٩٠٧ بمدينة للكون بتراسكا ، وأما دراساته الجامعية في جامعة تراسكا ، ثم حصل على درجة الدكتوراه في جامعة يوسيفيا . وكان تخصصه في ميدان علم الإنسان هو الدراسات الحفوية للإنسان في العالم الجديد . وفلم يبحوث وأسما على الطبيعة في الجزء الغربي من الولايات المتحدة وفي المكسيك . ويعتبر ايزلي من الكتاب الذين يتسمون بالعمق ، سواء في فرع تخصصه أو خارج ذلك الفرع . كان أحد محرري مجلة « علم الإنسان اليوم » . وتلوث له فصوص قصيرة وقصائد في مجلات شغف . واليوم يقوم ايزلي ، بناء على تكليف من الجمعية الفلسفية الأمريكية ، بكتابة تاريخ حياة دارون ، وذلك لكي ينشر بمناسبة الاحتفال بمرور مائة عام على إصدار كتاب « أصل الأنواع » في عام ١٩٥٩ . ويهدف هذا المشروع إلى تجميع المراسلات التي تمت بين دارون والعين تشارلز ليل ، تلك المراسلات التي تتبعها الجمعية الفلسفية . ويقوم ايزلي ، إلى جانب ذلك ، بكتابة كتاب عن تاريخ الفكر التطوري لينشر في إحدى المجموعات العلمية .

جيرزي كونيوسكي

في عام ١٩٣٧ نشر بالوفيق كتابه العظيم عن الانكسبات الشريطية ، وفي نفس هذا العام كان جيرزي كونيوسكي طالباً في جامعة وارسو . وقبل كونيوسكي الكتاب وتكرر به لدرجة أنه قرر أن يكرس مواهبه للعمل في هذا الميدان الجديد الذي قصه بالوفيق . وسرعان ما أدرك أن بالوفيق لم

نشر مجموعة كاملة لكتابات عالم الكيمياء العظيم . أما هوايته غير العلمية فهي صيد السمك الكبير .

هربرت كوندو

ولد هربرت كوندو ، عضو هيئة البحوث في موسوعة النصب الأمريكية ، حيث يدرس تاريخ النيزياد في منقبة نيويورك عام ١٩٢٤ ، ودرس في جامعة نيويورك ، وحصل على شهادة الماجستير في تاريخ الحضارات عام ١٩٥١ في شيكاغو . وفي أثناء الحرب اشغل منصباً في الرادار ، كما درس الأزياء والرياضيات في معهد اليلوي للتكنولوجيا . وهو يتخذ من الإلكترونيات هواية له . وتعلم آراءه الأدبية والإبائية والألغية واللامسكية . وچسات فرامسكته إحصاءات فرداى نتيجة لبحوثه في تاريخ النظرية النسبية .

فريدريك ج. كيلجور

ولد فريدريك ج. كيلجور بمدينة سبرينغفيلد بولاية ماساشوستس في عام ١٩١٤ . وبعد حصوله على شهادة في كلية هارفارد عام ١٩٣٥ ، انضم إلى مولاني المكتبة الملكية . وظل يعمل هناك حتى عام ١٩٤٢ ، عندما جند في الحرب واحتل وظيفة ضابط مختبرات في مكتب الخدمات الاستراتيجية . وأعلى من الخدمة العسكرية عام ١٩٤٥ بعد أن حصل على وسام التكريم ، ثم احتل مركز نائب مدير مكتب جمع الأخبار ونشرها . وفي عام ١٩٤٨ عاد إلى حياته الأكاديمية بجماعة ييل حيث احتل وظيفته في المكتبة الطبية ، وحيث يلقى محاضرات في تاريخ العلم ويشرف على تحرير مجلة ييل للخاصة بالبيولوجيا والطب .

رجال عاشوا للعلم

الدكتوراه عام ١٩٤٠ • وعندما أعلنت الحرب العالمية الثانية ترك موريسون منصبه كمدرس في جامعة إلينوى لكي يلتحق بعمل أبحاث المعادن بجامعة شيكاغو ، ثم أصبح فيما بعد رئيساً لمجموعة من الأبحاث في معمل لوس الألاموس بمقاطعة مانهاتن • وكان أحد أعضاء فريق الفيزيائيين الذين اشرفوا على المرحلة الأخيرة من العملية الذرية التي حدثت بجزر مارياتوس ، كما كان أحد الأوائل الذين نزلوا لدراسة آثارها وعواقبها في اليابان • وبسرح من الخدمة عام ١٩٤٦ حيث التحق بعمله الحالي في كورنيل • وهناك اختلعت أوجه نشاطه فكان منها دراسة نشاط أنظمة الكونية ، ونظرية التركيب التسوي ، وإجراء تجارب لا أمل كبير ينجى منها على طبيعة انتقال الاستعلامات في الخلايا • أما أميلي موريسون فقد تخرجت كذلك في معهد كارنيجي للتكنولوجيا ، وهي مساعدة لزوجها في تبسيط العلوم ، وهما يشتركان في الاهتمام بهذا الموضوع •

وارين ويفر

وارين ويفر هو ذلك رئيس قسم العلوم الطبيعية والطبية بمؤسسة روكفلر ومدير قسم العلوم الطبيعية والزراعية بها • ويعتبر هذا العمل طريقه الحلال الذي شقه في الحياة فقد كان أولاً عالماً في الرياضيات بجامعة ويسكونسن ، حيث عمل استاذاً ورئيساً لقسم الرياضيات بها حتى عام ١٩٣٢ • وعندما التحق بمؤسسة روكفلر ، أعلن ويفر أن هدفه

يأخذ في اعتباره ما يسمى بالصرعات الزاوية ، وأن هذه الصرعات لا يمكن تفسيرها على أساس الانعكاس الشرطي الكلاسيكي • ووضع كونيوسكي ، مع زميله س. ميلر ، برنامجاً للبحث أدى بهما إلى فكرة « النوع الثاني » من الشرطية أو الشرطية « القليلة » • ولغت نشاطهما انظار بالوفد المضيء عدة سنين يصلان معه في معمله بليبنجراد • وعندما عاد كونيوسكي إلى وارسو عام ١٩٣٣ اشرف على تنظيم معهد فيزيائي للمبيولوجيا التجريبية ، وظل يقوم ببحوثه في ذلك المعهد حتى بمرت المنيعة عند هجوم الألمان عام ١٩٣٩ • وعندما تقهق الألمان قلم كونيوسكي وزملائه ببعد الحياة في معدهم في مدينة لودز أولاً ، ثم في مدينة وارسو • وعندما نشر كونيوسكي كتابه « الانعكاسات الشرطية والتتظيم العصبي » عام ١٩٤٨ تعرض لهجوم عنيف من جانب الفيلسوفين المعاصرين • ويعرض هذا الكتاب أسلوب كونيوسكي لتحديد المنول اللولفي للأجزاء المختلفة من القشرة المخية من طريق استخدام الانفصال المنعكسة الشرطية • ومازال كونيوسكي يواصل بحوثه في نفس الطريق حتى اليوم •

فيليب وأميلي موريسون

فيليب موريسون استاذ مساعد لعلوم الفيزياء في جامعة كورنيل • تخرج في معهد كارنيجي للتكنولوجيا عام ١٩٣٦ ثم درس الفيزياء النظرية على يد روبرت أوبنهايمر في جامعة كاليفورنيا ، حيث حصل على شهادة

تعريف بالمؤلفين

عدد من ابيئات والمعاهد التي لم يكن من السهل اثيرتها مثل الاتحاد الأمريكي للعلوم والاكاديمية القومية للعلوم ، وجعلها تشترك بنشاط في تنمية وعي الرأى العام بالعلم والدفاع عن حرية العلم • ولديه في منزله بنيو مليفورد اكبر مجموعة خاصة من مؤلفات لويس كارول ، وتحتوى هذه المجموعة على مخطوطات رياضية وكذلك على طبعات كثيرة من « مغامرات اليس في بلاد العجائب » الى « من خلال العين السحرية » •

في توجيه موارد المؤسسة سيكون نحو زيادة « الاهتمام بعلوم الحياة وعلم النفس ، ثم تلك التطورات الخاصة في الرياضيات والفيزياء والكيمياء التي لها في حد ذاتها أهمية بالنسبة لعلم الحياة » • ويعود كثير من الفضل في تقدم وانتعاش العلم الأمريكى في هذه الفروع الى هذه السياسة التي رسمها ويفر • ولما كان ويفر رجلا مليكا بالحياة لا يعرف الكلل فقد جعل الفضول العامة للعلم محل اهتمامه الخاص ، وامكله ان يثير اهتمام

مخطط من هضبة السلسلة

أولاً: الموسوعات والمعالج

السيد أمين حلمي، جورج كيمان
يوسف شرارة ، مشكلات القرن الحادي
والعشرين والعلاقات الدولية
د. السيد عليوة ، إدارة الصراعات الدولية
د. السيد عليوة ، صنع القرار السياسي
جرج كاشمان، لماذا تشب الحروب (٢ ج)
لتمانول هيمان، الأصولية اليهودية

ليونارد كوريل، الموسوعة الأثرية العالية
وليم بيتر، معجم التكنولوجيا الحيوية
و.د. هامفرون وآخرون، المعجم الجيولوجي
ج. كارليل، تبسيط المفاهيم الهندسية
بي.د. كولمان، الأساطير الإغريقية والرومانية

ثالثاً: الاقتصاد

يورمان كلارك، الاقتصاد السياسي للعلم
والتكنولوجيا
سامي عبد المطلب، التخطيط السياسي في مصر
حاتر الجزير، عاصم تحت والاقتصاد المصري
ميكائيل البني، الانقراض الكبير
ولت وجمان روسي، حوار حول التنمية
الاقتصادية
ميكور مورمان، تاريخ النقود

ثانياً: الدراسات الاستراتيجية واقضايا العصر

د. محمد بمان حلال، حركة عدم الانحياز في عالم
متغير
لويك موريس، الان هو، الإرهاب
عمدوح عطية، التوائمج النووي الإسرائيلي
اررا ، فوجل، المعجزة اليابانية (٢ ج)
د. السيد نصر الدين، إطلاقات على الزمن
الآتي

رابعاً: العلوم والتكنولوجيا

انبر هيردوج ، الجزء والكل محاورات في
مضمار الفيزياء الحديثة
فريد هول، البلور الكونية
ويليام بيتر، الفتنمة الوراثية للجمع
جوهان دورفتر، الحياة في الكون كيف نشأت
واين هوجد
اسحق عظيموف، الشمس المظفرة وأسرار

بول هاريسون، العالم الثالث هذا
بجموعة من العلماء ، مبادرة الدفاع
الاستراتيجي: حرب الفضاء
و. موشميري وات، الإسلام والسلمة في العالم
المعاصر
هادي آويمود، أوقيانيا الطريق الآخر
فاسي بكارد، إنسهم يصنعون البشر (٢ ج)
مارتن فان كريفند، حرب المستقبل
الفير تولر ، تحول السلطة (٢ ج)
عمدوح حامد عطية ، إنهم يقتلون البيئة

السورولوا

روبرت لاقور، الموجة بلغة المي باستعملت.

كروسي (ج ٢)

ادوارد ايه فاينينلو، الجليل الخامس للحاسوب
عمود سري طه، الكمبيوتر في مجالات الحياة

مصطفى حنان، الميكروكمبيوتر

ي. رادو نسكايما جاتوتسكي، الإلكترونيات

والحياة الحديثة

فرد س. هيس، تبسيط الكمبيوتر

كاثي نير، تربية الدواجن

حمد زينهم، تكنولوجيا فن الزواج

لاري جونيك، الهندسة الودائية بالكانزكانو

جينا كولاتا، الطول إلى دولي

دوركان ماكلينوك، حور بقرينة: فطرة

على حيوانات أفريقيا

اسحق عظيموف، أفكار العظم العظيمة

د. مصطفى محمود سليمان، التلازل

بول داليز، التلازل الفلاش الأربعة

وليام. ماثور، ما هي الجيولوجيا

اسحق عظيموف، العلم وآفاق المستقبل

ب. س. ديفير، المفهوم الحديث للمكان والزمان

عمود سري طه، الاتجاهات المتاصرة للطاقة

باتش هوفمان، آتشتين

زالمسكي ف. س. الزمن وقياسه

ج. هوز، تاريخ العلم والتكنولوجيا (ج ٢)

د. فاضل أحمد الطائي، أملاك الغرب في الكمبيوتر

رولاند جاكسون، الكمبيوتر في خدمة الإنسان

إبراهيم القرضاوي، أجهزة كشف الخزان

ديفيد البرتون، تربية أسماك الزينة

أنفرد سكوت، جوهر الطبيعة

إيجور إيموشكين، الإيجولوجي

إدوارد دو بورتو، التفكير المعلي

خامصاً: مصر: ظهر العصور

عزم كمال، الحكم والأمثال والمصالح عند

المصريين القدماء

فرانسوا دومان، آفة مصر

سويل التريز، أختافون

د. لينزور تشامور، رأيت سياسة الولايات المتحدة

الأمريكية لإزاء مصر

موريس بزارو، صناعات الخلود

كت. كشن، ومسيس الطاق، فرعون الخلد

والإصباح

أن فورتر، الحياة اليومية في مصر القديمة

وفرد هولز، كانت ملكة على مصر

جك كرابس جونور، كتابة التاريخ في مصر

لفظال لويس، مصر الروماني

عبد مياهر، البحرية المصرية من عهد علي

للسادات (١٩٧٣ - ١٨٠)

د. السيد أبو سنور، الجرف والصناعات في مصر

الإسلامية

أ. س. ادواردز، أهرام مصر

سومرز كلارك، الآثار القبطية في وادي النيل

كريسيان ديروش نوبلكر، المرأة الفرعونية

نيل شول وأديت، القوة النفسية للأهرام

جيمس هنري برستيد، تاريخ مصر

د. يارد دودج، الأزهر في ألف عام

أ. سبسر، الموتى وعالمهم في مصر القديمة

ألفريد ج. بطر، الكنائس القبطية القديمة في

مصر (ج ٧)

روز اليتم؛ الطفل المصري القديم

ج. و. بيكترسون، لواء في مصر

جون لويس بوركهارت، العادات والتقاليد

لمصرية من الأمثال الشعبية

سوزان رائيه، حشيشوت

مرجريت مري، مصر ومجدها الغابر

أوج فولكوف، القاهرة مدينة الألف ليلة وليلة

د. محمد أنور شكرى، الفن المصري القديم

ج. جيمز، الحياة أيام الفراعنة

لورد كرومر، الفورة العرابية

إيفان كونج، السحر والسحرة

سائماً: الكلاسيكيات

جائيلز جاليليه، حوار حول النظامين النوليين

للكون (ج ٣)

وليم مارسدن، رحلات ماركو بولو (ج ٣)

أبو الفتح الفردوسي، الشاهنامة (ج ٢)

أدوارد جيبون، اضمحلال الإمبراطورية الرومانية

وسقوطها

ناصر خسرو علوي، سفر نامه

فيليب عطية، تراجم زواهد

سائماً: الفن التشكيلي والنقش

عوز الشوان، الموسيقى تعبير نفسي ومنطق

أنور حرايز، موسارت

شوكت الريبي، الفن التشكيلي المعاصر في

الوطن العربي

ليوناردو دافنشي، نظرية التصوير

د. غويل وجه، أثر الكوميديا الإلهية لدانتي في

الفن التشكيلي

روين جورج كولنكورد، مبادئ الفن

مارتن جاك، يوهان سميتان باخ

ميجائل ستيجمان، ميفالدي

هوبرت ريد، القرية عن طريق الفن

أمانر فلييب، دليل تنظيم المحاف

حسام الدين زكريا، الطون بروكو

جيمس جيو، العلم والموسيقى

هوجولا بستريت، الموسيقى والحضارة

محمد كمال إسماعيل، التحليل والتحليل

الأوركسترا

صالح رضا، ملامح وقضايا في الفن التشكيلي

المعاصر

أدموندو سوليمي، ليوناردو

ثامناً: حضارات عالمية

حاكوب برونولسكي، التطور الحضاري للإنسان

س. م. بورا، التهجئة اليونانية

جوستاف جرونلوم، حضارة الإسلام

د. حرن، الحيفون

ل. ديلاپورت، بلاد ما بين النهرين

ج. كوتو، الحضارة الفيتية

آدم متر، الحضارة الإسلامية

جوزيف يند هام، تاريخ العلم والحضارة في الصين

ستيفن ريسمان، الحضارة البيزنطية

ستيفنو موسكاتي، الحضارات السامية

تاسعاً: التاريخ

- ت.و. فريدمان، الجغرافيا في مائة عام
ليستربيل راي، الأرض الفاعضة
رحلة جوزيف بنس (الحاج يوسف)
اميليا ادواردز، رحلة الألف ميل
رحلات فارنهام (الحاج يونس المصري)
رحلة يونغتون إلى مصر والحجاز (ج ٣)
رحلة عبد اللطيف البهاددي
رحلة الأمير روفلف إلى الشرق (ج ٣)
يوميات رحلة فاسكو داجاما
س. هوارز، أشهر الرحلات في غرب أمريكا
إريك أكسيلون، أشهر الرحلات في جنوب أفريقيا
- هادي عشر الفلسفة وعلم النفس**
- جون بورز، الفلسفة ولغايا العصور (ج ٣)
سولدراي، الفلسفة الجوهريّة
جون لوي، الإنسان ذلك الكائن الغريب
سليمان هوك، الفرائد الفاضلة: ماركس والماركسيون
إيفري شاورمان، كوننا المتعدد
ادوارد دويونو، التفكير المتعدد
رونالد داليد لانج، الحكمة والجذور والحماقة
ستيمس هاريس، التفوق النفسي: تحليل المفاعلات
د. أنور عبد الملك، الشارع المصري والفكر
نيكولاس ماير، شارلوك هولمز يقابل فرويد
أنطون دي كرسيني، أعلام الفلسفة المعاصرة
جيم وورث هاندل، كيف تتصلصن من الكلق؟
ه.ج. كريل، الفكر العتيق
أوجست ديس، الملائكون
د. السيد نصر الدين، الحقيقة الرمادية
- جوزيف داموس، سبع معارك فاصلة في العصور الوسطى
هنري بيرز، تاريخ أوروبا في العصور الوسطى
أرنولد تويني، الفكر التاريخي عند الإغريق
بول كورن، العثمانيون في أوروبا
جونثان ريلي سمث، الحملة الصليبية الأولى
وفكرة الحروب الصليبية
د. بركات أحمد، محمد واليهود
سيفين لوزمنت، التاريخ من شرق جوانه (ج ٣) و.
بارتولد، تاريخ العرق في آسيا الوسطى،
فلايمير تيسمانين، تاريخ أوروبا الشرقية
البرت حوران، تاريخ الشعوب العربية (ج ٢)
نوبل مالكوم، البومنة
جاري ب. نلف، الحمر والبض والسود
أحمد فريد رفاعي، عصر النامون (ج ٢)
آرثر كيمستر، القبيلة العاطفة عشر ويهود اليوم
لجاي مقسور، الثورة الإصلاحية في اليابان
محمد نواد كوريلي، قيام الدولة العثمانية
ه. إيمار كرم الله، من هم القاتل
سيفين رانسيمان، الحملات الصليبية
ليان ريد جري، التاريخ وكيف يفسرناه (ج ٢)
جوسيب دي لونا، موسوليني
جوردون تشيلد، تقدم الإنسانية
ه.ج. ولز، معالم تاريخ الإنسانية (ج ٤)
يوهان هوزنجا، اضمحلال العصور الوسطى
ه.ج. ولز، موجز تاريخ العالم
- عاشراً: الجغرافيا والرحلات**

برتراند راسل، السلطة والفرد

مارجريت روز، ما بعد الحداثة

كارل بوبر، بحثا عن عالم أفضل

ريشارد شاست، رواد الفلسفة الحديثة

جوزيف داموس، سبعة مؤرخين في العصور

الوسطى

د. روجر سترومان، هل نستطيع تعليم الأخلاق

للأطفال

إريك برن، الطب النفسي والتحليل النفسي

بيرون بوتر، الحياة الكريمة (٣ ج)

فرانكلين ل. باور، الفكر الأوربي الحديث (٤ ج)

هنري برجسون، الضحك

أرنست كاسور، في المعرفة التاريخية

بعقوب فام، الراجحاة

ثالث عشر: المسرح

لويس فارجل، المرشد إلى فن المسرح

برونو ماشينسكي، حفلة مانيكان

جلال المشري، فكرة المسرح

جان بول سارتر، جورج نرناردشو، جان أنوي

مختارات من المسرح العالمي

دهيد المعطي شعراوي، المسرح المصري المعاصر:

أصله وبدايته

توماس ليهارت، فن المايم والباصرام

زيجمونت هيز، بحاليات فن الإخراج

يوجين يونسكو، الأعمال الكاملة (٢ ج)

رابع عشر: الطب والصحة

بريس فيلورويتش سرجيف، وظائف الأعضاء

من الألف إلى الياء

د. جون شندلر، كيف تعيش ٣٦٥ يوما في السنة

د. ناعوم بيروفيتش، النحل والطب

م. هس، كنج، الطفلة في البلدان النامية

خامس عشر: الآداب واللغة

برتراند رسل، أحلام الأعلام وقصص أخرى

ألبيس هكسلي، نقطة مقابل نقطة

جول ويست، الرواية الحديثة : الإنجليزية

والفرنسية

أنور المعليوي، علي محمود طه: الشاعر والإنسان

جوزيف كوتراد، مختارات من الأدب القصصني:

ثاني عشر: العلوم الاجتماعية

د. محي الدين أحمد حسن، العنفة الأسرية والأبناء

الصغار

م. و. ترنج، ضمير المهندس

رلفوند وليامز، الثقافة والمجتمع

روى روبرتسون، الميويين والإينز

بيتر لوري، المصادرات حقائق نفسية

ليوبو سكاليا، الحب

برنسلو ماثيونسكي، السحر والعلم والدين

بيتر رداي، الخدمة الاجتماعية والانضباط

الاجتماعي

يل جبرهارت، تعليم الموهولين

ارولد جول، الطفل من الخامسة إلى العاشرة

رونالد د. جيبسون، العلم والطلاب والمدارس

حسن حاسم الموسوي، عصر الرواية : مقال م

النوع الأدبي

هنري باربوس، الجحيم

مichel دي ليس، القفران

روبرت سكوتو وآخرون، آفاق أدب الخيال

العلمي

باتيس ريتسوس، العهد (مختارات شعرية)

إلور إيفاتز، مجمل تاريخ الأدب الإنجليزي

فيمري-لجيز السعوت، في الأدب المقارن

سليمان مظهر، أساطير من الشرق

صفاء خلوصي، فن الترجمة

ف.ع. أدنكوف، فن الأدب الروائي عند

تولستوي

سلاسل عشر: الإعلام

فرانسيس ج. برجين، الإعلام التطبيقي

يهر البر، الصحافة

هربرت شيلر، الاتصال والمهينة الثقافية

سابع عشر: السينما

هاشم النحاس، الحقبة القومية في السينما

ج.دادلي، نظريات الفيلم الكروي

روى أرمز ، لغة الصورة في السينما المعاصرة

هاشم النحاس، صلاح أبو سيف (مهاورات)

جان لويس بوري وآخرون ، في النقد السينمائي

الفرنسي

عمود ساسي عطلا الله ، الفيلم التسجيلي

ستاتلي جيه سولومون ، أنواع الفيلم الأمريكي

ناحور شين إم بنج وآخرون، مختارات من الآداب

الآسيوية

عمود قاسم، الأدب العربي المكتوب بالفرنسية

مختارات من الشعر الأسباني: في

جابريل جارسيا ماركيز، الجنرال في الماعة

سوربال جبد الملك، حفيد النهر

د.وميس عوض، الأدب الروسي قبل الثورة

البلشافية وبعدها

مختارات من الأدب الياباني:الشعر - الدراما

الحكاية القصة القصيرة

دفيد بشندر، نظرية الأدب المعاصر

تادين جورجر وآخرون، سقوط النظر وقصص

أخرى

والف لي مائلو، تولستوي

والتر كن، الرواية الإنجليزية

هادي نعمان المين، أدب الأسفل

مالكوم برايري، الرواية اليوم

لورينو تود، مدخل إلى علم اللغة

إلور إيفاتز، موجز تاريخ الدراما الإنجليزية

ج. س. فريزر، الكاتب الحديث وعالمه (٢ ج)

جورج ستاير، بين تولستوي ودمسيفسكي (٢ ج)

فيلان تومس، مجموعة مقالات نقدية

ليكتور برومير، مستدال

ليكتور هوجو، وسائل وأحداث من الخفى

باتكو لالرين، الرومانسية والواقعية

د.هبة وحيم الغولوي، أحمد حسن الزيات كاتباً

والقائداً

ف.برميلوف، دمسيفسكي

بلغة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة، الدليل

الميلوجوجرافيا.

توني بار، التمثيل للسينما والتلفزيون

بيتر نيكولز، السينما الحياتية

بول وارن، خفايا نظام النجم الأمريكي

دايفد كوك، تاريخ السينما الرواية

جوزيف وهاري فيلدمان، دينامية الفيلم

كلدي حنون، الإنسان المصري على الشاشة

موني براح، السينما العربية من الخليج إلى المحيط

حسن حلمي المهندس، دراما الشاشة: بين النظرية

والتطبيق للسينما والتلفزيون (٢ ج)

إدوارد بري، عن النقد السينمائي الأمريكي

جوزيف م. بوجر، فن الترجمة على الأفلام

سعيد شيمي، التصوير السينمائي تحت الماء

دوايت سوين، كتابة السيناريو للسينما

هاشم النحاس، نجيب محفوظ على الشاشة

يوجين فال، فن كتابة السيناريو

دانييل أرفزون، قواعد اللغة السينمائية

كريستيان ساليه، السيناريو في السينما الفرنسية

— آلان كاسييار، الطلوق السينمائي

ثامن عشر: كتب غيرت الفكر

الإنساني

سلسلة لتلخيص التراث الفكري الإنساني

في صورة عروض موجزة لأهم الكتب

التي ساهمت في تشكيل الفكر الإنساني

وتطوره مصحوبة بترجمات لمؤلفيها وقد

صدر منها ٩ أجزاء.

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٣٨٢٣/١٩٩٩

ISBN — 977 — 01 — 6462 — 3

مما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مُهمَل من التاريخ، رغم أن أثره على حياتنا اليومية واضح لا مرأى فيه، ورغم أن دراسة تاريخ العلوم تلقى ضوءاً هاماً على ماضى الإنسان بأبعاده السياسية والاقتصادية والثقافية والحربية وما إلى ذلك. ولعل السر في ذلك عزوف العلماء الذين يكرسون حياتهم لخدمة العلم عن طلب الشهرة، وإيثارهم حياة العزلة، ضناً بوقتهم على أن يبددوه فيما لا ينفع ولا يفيد غايات البحث العلمى. وهذا الكتاب يسعى إلى سد هذه الثغرة، حيث يعرض لنا حياة ١٨ رجلاً من هؤلاء العلماء الأفاضل الذين ساهم كل منهم بمكتشفاته فى صنع الحاضر، ومنهم جاليليو ولاباس وهاملتون وفرانكلين ولافوازييه وهارفى وبافلوف وغيرهم ممن لا تزال نظرياتهم تدرس فى الجامعات والمدارس، وهم، وإن كانوا قد رحلوا عنا بأجسادهم، إلا أن وجودهم مازال مؤثراً بيننا، حيث يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيط بنا وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا، ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذى نحيا فيه وموضعنا منه وفق مكتشفاتهم ومبتكراتهم.